Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei.

In ihrem ganzen Umfange und nach den neuesten Erfahrungen.

Gründliche Anleitung

zur Anlage und zum Betrieb von Kalkbrennereien und Ziegeleien, zur Fabrikation von allen Arten Backsteinen, Hohlziegeln, Dachziegeln, thönernen Fließen und Röhren, zur Herstellung von Cementen und Mörtel.

Ein Hand- und Hülfsbuch

für

Ziegler, Kalk-, Cement- und Backsteinbrenner, für Maurer, Bautechniker, Fabrik- und Gutsbesitzer und technische Behörden.

Nach selbstständiger Erfahrung bearbeitet

von

Edmund Heusinger von Waldegg,

Oberingenieur in Hannover, Herausgeber des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, correspondirendes und Ehrenmitglied verschiedener Architecten- und Ingenieur-Vereine.

Dritte umgearbeitete und vielfach vermehrte Auflage.

Mit vielen Holzschnitten.

Erster Theil.

Die Kalk- und Cementfabrikation.

Leipzig,

Theodor Thomas.

1875.

Die Kalk-

und

Cementfabrikation

einschließlich der

Mörtel- und Betonbereitung, Fabrikation der Kalksandziegel, Schlackensteine und anderer künstlicher Bausteine, sowie der Anfertigung der verschiedensten Kitte.

Nach selbstständiger Erfahrung bearbeitet

von

Edmund Heusinger von Waldegg,

Oberingenieur in Hannover, Herausgeber des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, correspondirendes und Ehrenmitglied verschiedener Architecten- und Ingenieur-Vereine.

Dritte umgearbeitete und vielfach vermehrte Auflage.

Mit 71 Holzschnitten.

Leipzig,

Theodor Thomas.

1875.

Vorrede
zur ersten Auflage.

Die fabrikationsmäßige Herstellung der wichtigsten Baumaterialien, als: Kalk, Cement, Backsteine, Dachziegel, thönerne Fließen und Röhren, gewinnt von Jahr zu Jahr größere Bedeutung. Es sind in der letzten Zeit, namentlich bei der Farikation von feinern Steinen (Oel-, Preß- und Gesimssteinen), hohlen Backsteinen, Röhren, Dachziegeln, durch bessere Vorbereitung des Thons und durch Pressen mittelst Maschinen, sowie durch die Construction von zweckmäßigern Brennöfen, ferner in der Herstellung von hydraulischen Kalken und Cementen, in vortheilhafter construirten Kalköfen und Mörtelmaschinen so wesentliche Fortschritte gemacht worden, daß Ziegeleien, Kalk- und Backsteinbrennereien mit der frühern Handfabrikation und den ältern Einrichtungen neben Fabriken mit den neuen zweckmäßigen Maschinen und vortheilhaften Fabrikationsmethoden nicht mehr bestehen können, und es ist daher eine genaue Beschreibung der Fabrikation von allen Arten von Backsteinen, Gesimssteinen, Hohlziegeln, Dachziegeln, thönernen Röhren, Fließen, der Kalk- und Cementbrennerei, der Darstellung von Mörtel, Béton, Kitte 2c. nach dem jetzigen Standpunkt nicht nur für den Fachgenossen (Ziegler Kalkbrenner, Maurer, Bautechniker) von der größten Wichtigkeit, sondern auch für jeden andern Techniker, Bauherrn, Fabrik- und Gutsbesitzer von großem Interesse.

Der unterzeichnete Verfasser ist selbst Besitzer von mehreren von ihm selbst und nach den neuesten Erfahrungen eingerichteten Ziegeleien, Kalkbrennereien, und da er in diesen und bei seinen zahlreichen Bauten viele für obige Geschäfte nicht unwesentliche Erfahrungen und Verbesserungen gemacht hat, so theilt er diese nachstehend mit, wie er auch eine genaue Beschreibung sowohl der ältern Handfabrikation und kleinern Einrichtungen für geringere Anlagen, als auch der neuern Fabrikationsmethoden und Maschinen für größere Fabriken giebt; dabei folgt er in seinem Vortrage dem natürlichen Gange der Geschäfte, und indem er jede einzelne Manipulation ausführlich lehrt und die verschiedenen Verfahrungsweisen welche dabei üblich sind, angiebt, sucht er den Leser durch Erklärung des Zwecks derselben auf den Standpunkt zu setzen, daß er über den Vorzug der einen oder andern selbst zu urtheilen im Stande sei.

Von den vielen in den letzten Decennien namentlich für die Ziegelfabrikation construirten Maschinen giebt der Verfasser meist nur eine kurze Beschreibung ohne Abbildung, um das bei den einzelnen Constructionen zu Grunde liegende Princip zu erläutern, und nur von denjenigen Maschinen, die sich wirklich praktisch bewährt haben, hat er ausführliche Beschreibungen mit genauen Abbildungen geliefert.

Der Verfasser glaubte namentlich über die Schlickeysen'sche Ziegelmaschine ausführlichere Mittheilungen machen zu müssen, da diese Maschine eine sehr einfache, zweckmäßige und solide Construction ist und jedenfalls eine vielfache Verwendung in den Ziegeleien erlangt. Der Kampf zwischen Maschinen und Handarbeit ist aber bei der Ziegelfabrikation immer noch nicht entschieden. Es werden daher offen die verschiedensten Ansichten Pro & Contra mitgetheilt, damit der Leser ein richtiges Urtheil über diesen Gegenstand sich verschaffen könne.

Eine besondere Aufmerksamkeit hat der Verfasser auch noch auf die Einrichtungen der verschiedenen Brennöfen, auf die Leitung und Benutzung des Feuers dabei verwendet, in welchen Stücken man noch vielfach an einem großen Schlendrian hängt, und doch sind gerade hierbei die größten Vortheile zu 'erreichen. Die einzelnen für die

verschiedenen Arten von Brennmaterialien und Zwecke mitgetheilten Ofenconstructionen, wovon genauere Beschreibungen und größere Abbildungen gegeben wurden, sind gleichfalls alle praktisch erprobt und zu empfehlen.

Gerne hätte der Verfasser auch über Hoffmann's und Licht's ringförmigen Ziegelofen mit continuirlichen Betriebe, der in neuester Zeit Aufsehen erregt und jedenfalls Beachtung verdient, Mittheilung gemacht, er hatte aber noch nicht Gelegenheit, diese Ofenconstruction näher kennen zu lernen und den Betrieb zu beobachten, und muß eine genaue Beschreibung davon für später verschoben werden.

Die zahlreichen von dem Verfasser selbst maaßstäblich gezeichneten und in den Text eingedruckten Holzschnitte tragen zur Erläuterung des Textes wesentlich bei. Die Abbildungen sind von einfachern Werkzeuge, Vorrichtungen, Ofenconstructionen so deutlich dargestellt und dabei die Maaße angegeben daß sie jeder Fabrikbesitzer und Arbeiter darnach ausführen lassen kann; und selbst die von complicirten Maschinen mitgetheilten können darnach von guten Maschinenfabriken ausgeführt und geliefert werden. Von der Literatur ist am Schlusse ein möglichst vollständiges Verzeichniß zusammengestellt. Es enthält nur sehr wenige selbstständige und meistens veraltete Werke über die behandelten Gegenstände, dagegen sind eine große Zahl von Aufsätzen über einzelne derartige Gegenstände in verschiedenen technischen Zeitschriften und Blättern zerstreut.

Ueber Kalkbrennerei wurden die Werke von Vicat, Rancourt de Charleville, Hertel, sowie v. Mihálik, über Ziegelbrennerei die von Schaller, Gebhardt und Schlickeysen, über Röhrenbrennerei Kreuter, Handbuch der Drainage hin wieder benutzt, auch die meisten in den letzten 20 Jahren über die genannten Fächer in periodischen Blättern zerstreuten Aufsätze zu Rathe gezogen, so daß der Verfasser glaubt, alles was in der Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei von allgemeinem Interesse ist und bis jetzt veröffentlicht wurde, zusammengestellt und besprochen zu haben. Gern läßt sich der Verfasser weiter belehren und sehr dankbar würde er es erkennen, wenn Fachgenossen Beurtheilungen seines Werkes sowie

die in ihren Geschäften gemachten Erfahrungen und Verbesserungen ihm unter Adresse seines Verlegers Herrn Th. Thomas in Leipzig zukommen lassen wollten, damit ihre Mittheilungen bei einer etwaigen zweiten Auflage berücksichtigt werden können. Nur durch den Austausch der Meinungen und der gegenseitig gemachten Erfahrungen läßt sich der alte Schlendrian in den Geschäften bekämpfen und letztere immer mehr zur Entwickelung bringen.

Homburg v/d. H. im December 1860.

Edmund Heusinger von Waldegg.

Vorrede
zur zweiten Auflage.

So beifällig dieses Werkchen vor 6 Jahren allgemein aufgenommen worden war, und so günstig die kritischen Urtheile von allen technischen Zeitschriften, in welchen dasselbe besprochen wurde, lauteten, so waren doch durch die außerordentlichen Fortschritte, die in der Construction der Kalk- und Ziegelöfen, in der Cementfabrikation und Maschinenziegelei 2c. in den letzten Jahren gemacht wurden, eine Masse Zusätze und vielfache Umarbeitungen nöthig geworden. Wie sehr es sich der Verfasser angelegen sein ließ, das Buch den heutigen Ansprüchen, welche an die Kalk-, Cement-, Ziegel- und Röhrenfabrikation gemacht werden, gemäß zu verbessern und zu vervollständigen, geht daraus hervor, daß allein in dem vorliegenden 1. Theil (über Kalk- und Cementfabrikation) 5 neue Kapitel, 91 neue Paragraphen und 21 neue Holzschnittfiguren mehr gegen die frühere Ausgabe enthalten sind.

Die neuen Kapitel behandeln namentlich das Brennen des Kalks im Allgemeinen, das Brennen des hydraulischen Kalks und insbesondere des Kalkmergels, die hydraulischen Mörtel aus künstlichem hydraulischen Kalk (Portland-Cemente), das Mahlen und Sieben des Kalkmergels, Cements, Traß's und anderer Zuschläge, sowie den Kalksandziegelbau, welcher immer mehr Bedeutung erlangt und welche Gegenstände früher noch nicht oder nur sehr oberflächlich besprochen worden waren.

Andere Kapitel, wie das Untersuchen der Kalksteine, Aufbewahren des gebrannten Kalks, Ausmaaß des Kalks im Handel, Löschen des Kalks, über natürliche Cemente und Zuschläge, Fabrikation künstlicher Bausteine und über Kitte wurden fast vollständig umgearbeitet und vielfach vermehrt. Außerdem wurden in der vorliegenden neuen Bearbeitung vier neue und bewährte Ofenconstructionen, zwei neue Rollmühlen, eine neue Bétonmaschine genau beschrieben und mit deutlichen maaßstäblichen Zeichnungen versehen aufgenommen.

Ueber die nicht minder bedeutenden Abänderungen und Zusätze des zweiten (die Ziegel- und Röhrenfabrikation behandelnden) Theils soll in einem besondern Vorwort zu diesem berichtet werden.

Der Verleger ist sehr bereitwillig auf den Wunsch des Verfassers eingegangen, das Werk in zwei besondern Theilen (wovon jeder für sich verkäuflich ist) herauszugeben, damit auch der weniger bemittelte praktische Arbeiter (Kalkbrenner, Maurer oder Ziegler, für welche das Buch ebenso gut wie für den Fabrik- und Gutsbesitzer ꝛc. bestimmt ist) jedesmal nur den einen oder andern Theil seines speciellen Geschäfts zu kaufen braucht; zugleich wurde aber auch die Einrichtung getroffen, daß beide Theile des Buchs ein Ganzes bilden und in einen Band zusammengebunden werden können.

Bereits vor einem Jahre war diese zweite Auflage soweit vorbereitet, das kurz vor dem ausgebrochenen Krieg der Druck begonnen hatte; auf den Wunsch des Verlegers wurde der Druck bis zu ruhigeren Zeiten ausgesetzt, so daß die Ausgabe des Buchs erst zur Ostermesse 1867 stattfinden wird.

Hannover, Ende Januar 1867.

Edmund Heusinger von Waldegg.

Vorrede
zur dritten Auflage.

Die Herausgabe der seit längerer Zeit nöthig gewordenen 3. Auflage wurde durch andere größere literarische Arbeiten des Verfassers sehr verzögert, besonders, da durch die bedeutenden Fortschritte, welche im Baue von Kalk- und Ziegelöfen, in der Cementfabrikation 2c. in der neuesten Zeit wiederum gemacht wurden, von Neuem eine Menge Verbesserungen und Zusätze des Werkchens erforderlich geworden sind.

Die Vermehrungen und Zusätze gehen am besten daraus hervor, daß der vorliegende 1. Theil allein 48 Seiten mehr, ferner 6 neue Kapitel, 33 neue Paragraphen und 14 neue Holzschnittfiguren mehr gegen die zweite Auflage desselben Theils enthält.

Die neu hinzugekommenen Kapitel behandeln namentlich: das Kalkbrennen in continuirlichen Ring- und Kanalöfen, das Brennen der Portland-Cementmasse, Eigenschaften und Analysen des fertigen Portland-Cementes, Herstellung der Cementgesimse und Formen dazu, das Färben der Cementmasse und Herstellen dauerhafter Oelfarbeanstriche auf Portland-Cement und die Fabrikation der Schlackensteine. Zugleich wurden zu 6 neuen Ofenconstructionen deutliche Zeichnungen in möglichst großem Maaßstabe beigefügt und dieselben so genau und klar beschrieben, daß hiernach die Ausführung vom jedem tüchtigen Maurermeister bewerkstelligt werden kann, dagegen wurden die kleinen Skizzen von verschiedenen veralteten Kalköfen, welche die früheren Auflagen des Werkchens enthalten, beseitigt. Größere Umgestaltungen und eine Menge Zusätze sind außerdem beim VI., VIII., IX. und X. Kapitel nöthig geworden, während das XXI. Kapitel (Fabrikation

des künstlich hydraulischen Kalks- oder des Portland-Cementes), welches den heutigen Anforderungen nicht mehr ansprach, gänzlich umgearbeitet werden mußte. Hierbei wurde das auf gründlichen Untersuchungen beruhende und mit vielem Fleiße bearbeitete Schriftchen von H. Klose, „der Portland-Cement und seine Fabrikation. Wiesbaden 1873", mit Genehmigung des Herrn Verfassers zu Grunde gelegt und vielfach benutzt. Die weiteren sehr schätzbaren Mittheilungen und Notizen, welche dem Verfasser von verschiedenen Seiten zur Benutzung bei der neuen Auflage zugingen, wurden gewissenhaft berücksichtigt und spricht derselbe allen Gönnern und Freunden hierfür seinen besten Dank aus.

Endlich wurden bei der neuen Bearbeitung alle verschiedenen Maaß- und Gewichtsangaben nach dem neuen metrischen System umgeändert.

Der Druck des zweiten Theils soll alsbald folgen und wird derselbe hoffentlich im Juli ausgegeben werden können.

Hannover, Ende April 1875.

Edmund Heusinger v. Waldegg.

Inhalt.

Erster Theil.

Kalkbrennerei.

I. Anwendung und Eigenschaften des Aetzkalks.

II. Steine, welche zum Kalkbrennen verwendet werden können.

III. Vom Untersuchen der Kalksteine.

IV. Vom Brennen der Kalksteine im Allgemeinen.

XIX. Vom hydraulischen Mörtel (Wassermörtel) aus natürlichem hydraulischen Kalk.

XX. Vom Wassermörtel aus fettem Kalk und einem thonhaltigen Zuschlag, aus gebrannten oder vulkanischen Stoffen.

XXI. Fabrikation des künstlich hydraulischen Kalks oder des Portland-Cementes.

XXII. Das Brennen der Portland-Cement-Masse.

XXIII. Vom Mahlen und Sieben des Portland-Cementes und des Kalkmergels, Traß's und anderer Zuschläge.

XXIV. Eigenschaften und Analysen des fertigen Portland-Cementes.

XXV. Ueber Herstellung von Cementgesimsen und Formen dazu.

XXVI. Ueber das Färben der Cementmasse und Herstellen dauerhafter Oelfarbenanstriche auf Portland-Cement.

XXVII. Von der Bereitung des Bétons (Grob- oder Grundmörtels).

XXVIII. Der Kalksandziegelbau.

XXIX. Fabrikation der Schlackensteine. Seite

XXX. Fabrikation künstlicher Bausteine.

XXXI. Von den Kitten (Mastics).

a) Käse-, Blut- und Rostkitte.

b) Oel- oder fette Kitte.

c) Harz- oder bituminöse Kitte.

XXXII. Literatur über Kalk, Mörtel, künstliche Steine und Kitte

Erster Theil.

Kalkbrennerei.

I.

Anwendung und Eigenschaften des Kalkes.

§. 1. Die Verwendung des Kalkes, namentlich in ätzendem Zustande, ist sehr bedeutend und mannichfaltig. Die erste und allgemeinste ist die zu Mörtel, zum Verputz und Weißen von Gebäuden; dann zur Bereitung von ätzendem Kali, Natron, Ammoniak und behufs vieler andern chemischen Processe; in der Technik: als Zuschlag beim Verschmelzen der Erze, bei der Gerberei, Pergamentfabrikation, Glasfabrikation, Seifensiederei, Bleicherei, Färberei; zum Läutern des Rübensaftes, zum Raffiniren des Zuckers, zum Reinigen des Leuchtgases und anderen Gasen; zum Absorbiren der Feuchtigkeiten in geschlossenen Räumen; als Polirmittel; zu Kitten, Fußböden und vielem Andern; in der Oekonomie: zum Düngen; die Ackerkrume wird durch ihn aufgeschlossen und die zur Ernährung der Pflanzen so nothwendigen Alkalien können von demselben aufgesogen werden. Der Kalk begünstigt und erleichtert die Zersetzung kieselsaurer Thonerde-Verbindungen und beschleunigt den Uebergang der für die Vegetation so wichtigen alkalischen Stoffe aus den Mineralien in den Boden

§. 2. Der gebrannte Kalk wird seiner ätzenden und zerstörenden Eigenschaft organischen Körpern gegenüber auch wohl „Aetzkalk" genannt. Der Grundstoff des lebendigen oder Aetzkalks ist das Calcium, ein einfacher, metallischer Grundstoff, silberweiß, fest, entzündet sich leicht an der Luft, verbrennt, oxydirt sich zu Kalk.

Der Aetzkalk (Calciumoxyd), dessen Mischungsgewicht = 355,019 ist, besteht aus 100 Theilen Calcium und 39,86 Theilen Sauerstoff.

In der Natur kommt der Aetzkalk nie rein vor, sondern stets in Verbindung mit Säuren, von denen die wichtigsten die Kohlen-, Schwefel- und Kieselsäure-Verbindungen sind.

Zu der Kohlensäure hat er eine große Affinität, und giebt in dieser Verbindung den kohlensauern Kalk, welcher der Hauptbestandtheil der verschiedenen Marmorarten, der meisten Bausteine,

verschiedener kohlensaurer Krystallgebilde ist. Er kommt krystallisirt als Kalkspath und Arragonit*), krystallinisch als weißer Marmor, erdig als Kreide, Kalkmergel, Schaumkalk vor; bildet die Schnecken- und Muschelschalen und einen großen Gemengtheil der Ackererden. Er enthält durchschnittlich 5 Gewichtstheile Kalk und 4 Gewichtstheile Kohlensäure, oder besteht in 100 Theilen: aus 56,29 Kalk und 43,71 Kohlensäure.

§. 3. Mit Schwefelsäure verbunden bildet er den Gyps. In seiner Verbindung mit Phosphorsäure (Apatit) macht er den Hauptbestandtheil der Thierknochen, mit kohlensaurer Magnesia verbunden wird er Dolomit**). Den Aetzkalk gewinnt man aus der kohlensauren Verbindung, indem man durch Glühen die Kohlensäure austreibt, d. h. durch das Kalkbrennen. Dabei bleibt Calciumoxyd (Kalkerde) zurück, die jedoch bei dem gewöhnlichen Brennen für technische Zwecke selten ganz rein erhalten wird und zum Theil noch einigen Antheil an Kohlensäure, Bittererde, Eisenoxyd, kieselsaure Thonerde und andere Stoffe enthält, je nach der Zusammensetzung der verwendeten Kalksteine. Der reine Marmor allein liefert die Kalkerde am reinsten. —

§. 4. Die Qualität des gebrannten Kalks hängt theils von der Reinheit des dazu verwendeten Kalksteins, theils vom Brennen selbst ab. Die Hitze muß nämlich so stark und anhaltend einwirken, daß alle Kohlensäure ausgetrieben wird und der Kalk nicht mehr mit Säuren braust; sie darf aber auch nicht so weit gehen, daß die Bestandtheile an Kieselerde, Thonerde, welche die Kalksteine enthalten, sich mit dem Kalk chemisch vereinigen, oder gar zusammenschmelzen, in welchem Falle der Kalk todtgebrannt heißt, und mehr oder minder unbrauchbar geworden ist. Der Aetzkalk ist je nach der Reinheit seines Zustandes meist weiß, grau oder schmuzig weiß, zerbröcklicher als der rohe Kalkstein, doch noch fest genug, um sich in Stücken transportiren zu lassen. Bei manchem Kalke ist nach dem Brennen die krystallinische Beschaffenheit noch zu erkennen. Er ist ätzend, schmeckt scharf, laugenhaft, zerstört thierische Gebilde. Sein specifisches Gewicht ist 2,3, sein absolutus 4,6 Zollpfund pr. Cub. Decimeter Aetzkalk (ca. 151 Pfd. pr. Preuß. Cub. Fuß). Er ist in hohem Grade

---

*) Ein graulich weißer, in sechsseitigen Säulen krystallisirter Kalkstein, der in Arragonien in Spanien vorkommt.

**) Bitterkalk, Braunkalk, nach dem französischen Geognosten Dolomieu genannt.

porös. In Folge dessen saugt der gebrannte Kalk das Wasser — ungefähr 18—24% — mit Heftigkeit ein, wobei die in den Zwischenräumen befindliche Luft mit Geräusch vertrieben wird. Bei gut gebranntem Kalk nach wenigen Minuten, bei anderm viel später, fängt der vollgesogene Kalk an sich zu erwärmen; von diesem Augenblick an geht die Bindung des Wassers vor sich. Unter Knistern und Abblättern zerspringen die Kalkstücke; die Bruchstücke und Blätter zerfallen unter Ausstoßung von Dampf weiter und weiter, bis endlich das Ganze, unter bedeutender Zunahme seines Volumens, eine gleichförmige Masse, einen schneeweißen zarten Brei bildet. Der gebrannte Kalk ist nun in Kalkhydrat, gelöschten Kalk, verwandelt; die Operation heißt das „Ablöschen".

§. 5. Die Wassermenge, welche hierbei aufgenommen wird, richtet sich nach der Natur des Kalkes; 100 Theile fetter Kalk nehmen nur 18 Theile Wasser auf; 100 Theile magerer Kalk nehmen dagegen 10—35 Theile Wasser auf. Ein Volumen gebrannter fetter Kalk giebt 3,5 Volumen gelöschten Kalk, von 1 Volumen gebrannten mageren Kalk erhält man nur 1,75—2,53 Volumen gelöschten Kalk. Diese Volumenvermehrung heißt das Wachsen, Gedeihen.

§. 6. Bei dem Ablöschen des Kalkes tritt eine bedeutende Wärmeentwicklung, selbst noch Siedehitze ein, wenn man den Kalk mit der dreifachen Menge Wasser übergießt; diese Hitze ist um so bedeutender, je rascher sich der Kalk löschte, d. h. je reiner und je besser er gebrannt ist; sie erreicht ihren Höhepunkt, wenn man gerade soviel Wasser beigiebt, als gebunden wird.

Die Temperaturerhöhung ist von großem Einfluß auf die Güte des Kalkes, sie muß daher genau beobachtet und durch den richtigen Wasserzusatz regulirt werden. Löscht man den Kalk nur mit soviel Wasser ab, als er verschluckt, so bildet er keinen zarten, sondern einen grob krystallinischen oder sandartigen Brei; in diesem Zustand nennt man den Kalk verbrannt, d. h. durch falsches Löschen mager geworden; wird dagegen zuviel Wasser beim Löschen genommen, so ersäuft man den Kalk.

Setzt man gebrannten Kalk der Luft — besonders feuchter und Gewitterluft — aus, so zieht er Kohlensäure und Wasser an; vermehrt etwas sein Volumen; zerfällt langsam in Pulver — er stirbt ab. Man nennt dergleichen zerfallenen Kalk auch abgestandenen Kalk. Das Pulver ist nicht wie beim gewöhnlichen Löschen fein, sondern rauh anzufühlen und mit kleinen eckigen ziemlich harten Körnern untermischt.

Kalkbrei, mit Wasser verdünnt, liefert die Kalkmilch; das mit Kalk gesättigte Wasser — 1 Theil Kalk, 778 Theile Wasser von 15,6° Celsius — heißt Kalkwasser.

Der Kalk als Marmor, Kalkspath, Muschelschalen rc., der weniger als 10 % Kiesel- und Thonerde enthält, beim Löschen sein Volumen bedeutend vergrößert, viel Wasser verschluckt, lange Zeit gleichsam speckig, schlüpfrig bleibt, wird fetter Kalk genannt. Er verträgt bei der Bereitung des Mörtels viel Sand, ist nur zu gewöhnlichem Mörtel, der an der Luft erhärtet, zu verwenden. Der magere Kalk hingegen ist solcher, der 15—30 Procent fremde Bestandtheile, als Magnesia, Eisenoxyd, Thonerde enthält, weniger Wasser beim Löschen annimmt, weniger wächst, sich körnig anfühlt, weniger schlüpfrig ist und daher auch weniger Sand verträgt. Der magere Kalk besitzt gewöhnlich hydraulische Eigenschaften, d. h. er kann zu Mörtel verwandt werden, der im Wasser erhärtet.

Durch unvollkommenes Brennen kann ein ziemlich reiner Kalk mager werden.

II.

Steine, welche zum Kalkbrennen verwendet werden können.

§. 7. Kalkspath (späthiger Kalk, Doppelspath) ist mehr oder weniger durchsichtig, weiß, auch graulich-röthlich-, gelblich-, grünlich-weiß, irisirt zuweilen auf der Oberfläche, krystallisirt oder krystallinisch, tropfsteinartig, nierenförmig, stängelig, schaalig, blätterig, durch Metalloxyde verschiedentlich gefärbt. Er besteht aus 56,5 Kalk, 43,0 Kohlensäure, 0,5 Wasser; er gehört zu den am meisten verbreiteten Mineralien und findet sich in allen Formationen; kommt jedoch selten in solcher Menge vor, daß er zum Kalkbrennen benutzt werden kann. Der Kalkspath dient, wenn er von Metalloxyden rein ist, namentlich zur Darstellung des reinen Aetzkalkes und findet auch sonst in der Chemie vielfache Anwendung. Specielles Vorkommen im Harz bei Zellerfeld, Claustbal, Lautenthal, Iberg, zu Andreasberg (sehr schön violblau), in der Pfalz, im Salzburgischen, im Saalfeldischen, in Frankreich, Spanien, England, Rußland, Schweden,

Island, — letzterer sehr schön und wegen seiner ausgezeichneten doppelten Strahlenbrechung (Doppelspath) berühmt. —

§. 8. Körniger, krystallinischer Kalk (Urkalk, Marmor); die Grundmasse dieses Gesteins ist kohlensaurer Kalk von krystallinischem, körnig-blättrigem Gefüge, seine mehr oder minder weiße Farbe verläuft sich in's Gelbe, Grüne, Blaue, Rothe und unter besondern Umständen (wie es scheint, wenn er der Infiltration organischer Substanzen ausgesetzt gewesen ist), bietet er auch schwärzliche Farben dar. Der Bruch dieser krystallinischen Kalksteine ist glänzend, stark schimmernd, die Ränder mehr oder minder durchscheinend; sie nehmen eine schöne Politur an. Fremde Mineralien finden sich sehr häufig eingesprengt, namentlich beobachtet man öfter Bleiglanz, Eisenkies, Schwerspath oder Glimmerblättchen in der Masse. Der Glimmer nimmt zuweilen überhand, wodurch dann Uebergänge zu dem Blauschiefer gebildet werden; — in anderen Fällen nimmt der Gehalt an Kohlenstoff oder an brenzlichen Substanzen in dem Kalksteine so zu, daß er ganz schwarz wird und beim Schlagen stinkt, in welchem Falle man ihn öfter Anthrakonit genannt hat. Schichtung fehlt entweder ganz oder ist nur sehr undeutlich. Nur der glimmerreiche körnige Kalk zeigt mächtige, bisweilen höchst deutliche Schichten. Specielle Fundorte sind: in Nassau bei Villmar a./d. Lahn, Catzenellenbogen; in Sachsen bei Memmendorf, Neudorf, Langenfeld, Krotendorf, Schwarzenberg, Planitz, Meißen, Hainichen, Annaberg; dann im Gneusgebirge bei Lauterbach und Miltitz; ferner in Mähren bei Joachimsthal, im Bunzlauer und Saazer Kreise in Böhmen, zu Kallich, Hassenstein, Hohenstein ꝛc. in Steiermark (Steinbauer, die Schneealpen ꝛc.), in Schlesien (Neuwaltersdorf, Niederthalheim, Reinerz, Landeck, Reichenstein ꝛc.), in Baiern (Obermainkreis bei Waltersdorf, Dechantheß, Neusorg, Wunsiedel ꝛc.), im Badloche am Kaiserstuhl, bei Auerbach an der Bergstraße, im Hochstetter Thal; an letztern Orten, wie auch in Tyrol lagerartig im Gneus und Glimmerschiefer Ueberhaupt ist er in den meisten größern Gebirgen Europa's verbreitet, namentlich in der Centralkette der Alpen, in Graubünden und in Tyrol, in der Umgebung des Selvretta und des Oetzthaler Ferner, in den Appeninnen (bei Carrara, der berühmte carrarische Marmor), in den Pyrenäen, auf den griechischen Inseln (parischer Marmor), auf Morea, in Schweden, Norwegen ꝛc. —

§. 9. Dichter oder compacter Kalkstein. Die reine dichte, nur selten ein körniges Gefüge annehmende Kalkmasse ist theils durchaus gleichartig, theils auch nach allen Richtungen von weißen

Adern durchzogen. Hauptfarbe grau, Bruch feinsplittrig, neigt sich zum Ebenen, bisweilen auch zum Flachmuscheligen und zeigt stellenweise einzelne glänzende Theilchen. Schichtung fehlt entweder ganz, oder ist sehr undeutlich, bei der mit Thon gemengten Felsart ist die Schichtung deutlich und dünn. Das Gestein zeigt häufig Höhlungen und Spaltungen, die mit Kalkspath und Quarzkrystallen erfüllt sind; nicht selten sind Gehäuse von Schalthieren und Korallenäste eingeschlossen.

Der dichte Kalk findet sich als integrirendes Glied in allen Flötzformationen, und zwar hat der Kalk des Uebergangsgebirges den Namen Uebergangskalk (Orthokeratiten-Kalk); der Kalkstein der Kohlenformation den Namen Bergkalk (Alpenkalk); der Kalk der Kupferschieferformation den Namen Zechstein; das zwischen dem bunten Sandstein und dem Keuper liegende Kalkgebilde den Namen Muschelkalk; die über dem Keuper gelagerte Kalkschicht den Namen Liaskalk; die darauf folgende weiße oolithische Schicht den Namen unterer Oolith (oder oberer Liaskalk); die weiter nach oben folgende Schicht, meist durch weiße Farbe ausgezeichnet, den Namen Jurakalk von den Geognosten erhalten.

Den über dem Grünstein gelagerten Kalk nennt man Plänerkalk und Kreide, der der Braunkohlenformation oder Molasse heißt Grobkalk; über diesem folgen die verschiedenen älteren und jüngeren Süßwasserkalke.

Fundorte sind: in Thüringen, Querfurth, Jena, Naumburg, Eisleben; in Sachsen bei Regelsdorf und Kapfelsberg; in Oberbaiern bei Hohenschwangau, Ettal, Benedictbeuern, Tegernsee, Reichenhall, Pfaffenhofen, Michelfeld, am Gaisberg, und Untersberg (unweit Salzburg), Adnet bei Laufen, Rüdersdorf in der Nähe von Berlin, am Fuße des Harzes, in den württembergischen Gebirgen, im Coburgischen 2c.

§. 10. Kalksteinschiefer ist eine Abänderung des gemeinen schiefrigen Flötzkalksteins. Gefüge feinkörnig; Härte gering. Farbe grau, gräulich oder gelblich, auch weiß. Der bekannte lithographische oder Steindruck-Kalkstein ist eine Art Kalksteinschiefer. Seine Farbe ist gelblich, auch rauch-grau. Er enthält oft Versteinerungen und bricht abgetheilt in Schichten und Platten. Vorkommen nicht sehr häufig; am schönsten bei Solenhofen in Baiern. Die Steinbrüche gleichen einem Dorfe, da die Steinbrecher mit ihren Familien hier wohnen. —

§. 11. Der Roggenstein oder Oolith besteht aus sehr feinen kugelförmigen, zusammengebackenen Körnern, die zuweilen mehrere schalenförmige Hüllen darbieten und welche Aehnlichkeit mit dem

Roggen der Fische haben. Die Körner sind gewöhnlich durch ein kalkartiges Cement zu einer Steinmasse verbunden. Seine Farbe ist weiß, in's Graue und Gelbgraue, häufig durch Eisenoxyd gelb gefärbt, braun, bräunlichroth; innen matt, im Bruche dicht. Die Oolithenkalke sind ungemein weit verbreitet und erscheinen deshalb unter sehr verschiedenem Ansehen; meist sind sie ziemlich hart, fest und zeigen einen compacten körnigen Bruch. Specielle Fundorte im Mansfeldischen, bei Sangerhausen, Klosterrode, an der Schmücke, im Bernburgischen, im Weimarischen, im Ziegelroder Forste, bei Braunschweig (der Nußberg), am Harz bei Ilsenburg, Blankenburg, in der Schweiz, England ꝛc.

Der Erbsenstein ist ein jüngerer Oolith, dessen Körner größer sind, in ihrem Innern meist einen Kern von Quarzsand oder Kalkspath enthalten und das schalige Gefüge in ausgezeichnetem Grade zeigen. Er findet sich ausgezeichnet bei Karlsbad in Böhmen und bei Feloe Selocz in Ungarn. Wegen seines Thongehaltes giebt er einen schlechten magern Luftkalk, meist aber einen trefflichen hydraulischen Kalk.

§. 12. Muschelkalk (kohlensaure Kalkerde mit Kiesel und Thonerde und Eisenoxyd), die reine dichte, ziemlich gleichartige Masse dieses Gesteins ist Kalk. Die zahllosen Versteinerungen, besonders Muscheln, sind für dieselben charakteristisch. Bruch matt, muschelförmig, feinsplittrig; Farbe einfach grau oder braun und gelb. Die grau gefärbten Abänderungen sind härter, werden selbst hornsteinartig; die gelb gefärbten, zumal die thonhaltigen sind meist etwas mürbe. Schichtung ausgezeichnet deutlich und gleichförmig, aber nur mit unbedeutender Mächtigkeit.

Der Muschelkalk ist sehr weit verbreitet, im südlichen Deutschland am beträchtlichsten, er hat daher dort seine größte Entwicklung erreicht. In Schwaben erstreckt er sich von dem südöstlichen Schwarzwalde längs des Neckarthales über Sulz, Horb, Rottenburg, zieht sich am östlichen Saume des Schwarzwaldes bis gegen Pforzheim und bildet die Höhen und Thalgehänge des württembergischem Unterlandes, von wo aus er sich in das Kocher- und Jaxtthal und dann gegen Norden über Wertheim, Würzburg und Schweinfurth in's Bayreuthische erstreckt. Am westlichen Abfall des Schwarzwaldes erscheint er nur in einzelnen Punkten. Im nordwestlichen Deutschland kommt er bei Ronneberg, Elze, Sehnde in der Nähe von Hannover, bei Göttingen, Höxter, Detmold, bei Heilgenstadt, Naumburg, Jena und Gotha, in einigen isolirten Punkten nördlich am Harz vor. In Schlesien ist er

zwischen Oppeln und Tarnowitz sehr verbreitet und erstreckt sich von da in's südliche Polen. In den Vogesen bildet er am westlichen Abhange derselben beträchtliche Höhenzüge. Der Muschelkalk verwittert schwer und ist daher ein eben so guter Baustein, wie die reinen Abänderungen, gebrannt, einen vorzüglichen Aetzkalk liefern.

§. 13. Die **Kreide** ist kohlensaure Kalkerde mit etwas Talk, Thon und Eisenoxyd. Bruch erdig. Schichtung selten regelmäßig. Man findet häufig Versteinerungen von Seethieren in Kreide, die in eine kieselartige Masse übergegangen sind; zuweilen auch Schwefelkies und Feuerstein in kugelförmigen Massen. In manchen Gegenden wird die festere Kreide als Baustein verwendet. In der Regel ruht die Kreideformation auf dem Jurakalk, wo dieser aber fehlt, auf den ältern Flötz- und selbst Urgebirgsarten. Das Kreidegebirge bildet häufig ausgedehnte Hochebenen, bisweilen auch groteske Gebirgszüge mit scharfem Rücken und tief eingegrabenen Thälern. Wo das Gestein vom Meere bespült wird, zeigt es oft sehr schroffe, blendendweiße Felswände und ausgerundete Buchten.

Die Kreide ist derb, fein erdig, sehr weich und zerreiblich, undurchsichtig, matt, weiß in's Gelbliche und Graue, fühlt sich mager an, hängt etwas an der Zunge und schreibt, indem sie leicht abfärbt. Sie geht zuweilen in dichten Kalkstein über. Nach **Ehrenberg** besteht die Kreide aus Bruchstücken der Gehäuse kleiner Polythalamien-Mollusken. Sie liefert gebrannt einen vorzüglichen Aetzkalk, der jedoch längere Zeit eingesumpft liegen muß.

Die Verbreitung der Kreide in Deutschland ist nicht sehr beträchtlich; sie erscheint am Saume des nordwestlichen Hügellandes, zwischen Essen und Paderborn, am Teutoburger Walde und in einzelnen Hügeln zwischen Ibbenbühren, Wesel und Deventer. Oestlich von Wesel und längs des Teutoburger Waldes überlagert sie den Quadersandstein. Zwischen Goslar, Hannover und Braunschweig tritt sie abermals in geringer Mächtigkeit auf. In Süddeutschland bedeckt Kreide in Begleitung von Grünsand einen Theil des fränkischen Jura. In der Kette der Alpen macht die harte Kreide mit den untergeordneten Sandsteinlagern vielleicht die Hauptmasse der äußeren Kalkalpen aus. In Böhmen, überhaupt bis gegen Pirna ihn, wird der Quadersandstein an wenigen Stellen von harter Kreide und Kreidemergel bedeckt. Im Gebiete der Ostsee erscheint die Kreide in der Nähe von Greifswald, auf der Insel Rügen, Möen, Fünen, Jütland, Seeland rc. zum Theil in sehr beträchtlicher Mächtigkeit. Bei Lüneburg tritt sie inselförmig aus dem dortigen Schwemmlande

hervor; bei Lübtheen in Mecklenburg und Segeberg unweit Lübeck. Westlich vom Rhein umgiebt die Kreide den Saum des rheinischen Schiefergebirges zwischen Aachen und Brüssel und setzt sich über Lille bis Calais fort; umgiebt das Becken von Paris in beträchtlicher Ausdehnung. Im Gebiete der Pyrenäen tief in Spanien hinein; in Irland; in England; vorzüglich in York, Wiltshire und Sussex. In Wiltshire erreicht die Kreide eine Höhe von 270 Meter. — Vorzüglich rein ist die Kreide von Kreta; andere Sorten, namentlich die französische, enthalten in starker Beimengung fein zertheilt Quarz, Thon, Kalk und zuweilen Eisenoxyd. Die unteren Lager pflegen gewöhnlich feinkörniger als die oberen zu sein, weshalb man in Frankreich dieselben in der Regel unterirdisch ausbeutet.

§. 14. Der Kalktuff oder Kalksinter ist eine zusammengesinterte Masse von kohlensaurem Kalk und Thon. Gefüge röhrenförmig, blätterig, moosartig, tropfsteinartig, oft von den verschiedensten Gestalten; schwammig, löcherig, zellig 2c. Farbe röthlich, gelbbraun, grau, nicht selten ockergelb gestreift. Bruch uneben, körnig, erdig, undurchsichtig, matt, weich. Er geht in's Zerreibliche über, springt unbestimmt eckig, stumpfkantig. Er kommt theils in ganzen Schichten, theils in gestaltlosen Stücken vor, die zuweilen mit Letten wechseln. Nach der Oberfläche zu ist er oft verwittert, in größeren Tiefen härter. Er gehört zu den neuesten, sich fortbildenden Erzeugnissen der Alluvialbildung, füllt Becken, Schluchten, Thäler und enthält häufig Flußmuscheln, Theile von Landpflanzen, auch Landthieren 2c. Die Inkrustationsunterlagen sind leicht erkennbar, Holz, Schilf, Blätter, Knochen, Moos 2c., die bei ihrer Zersetzung hohle Räume zurückgelassen haben; seine Festigkeit übertrifft jedoch in einzelnen Theilen oft die des Flötzkalkes. Er brennt sich, wegen seiner Porosität, zu Aetzkalk sehr leicht. Er giebt einen magern, mit viel Eisenocker gemischten Kalk, nach Umständen aber einen gutbindenden Mörtel; es darf jedoch demselben wegen des Eisenoxydgehalts nur wenig Sand zugesetzt werden. Wenn er keinen oder nur sehr wenig Eisenocker enthält, so brennt er sich sehr weiß und giebt einen guten Weißkalk. Von Bamberg wird solcher Kalk unter dem Namen „Weiß" verführt. Man findet ihn als ausgedehnte Ausfüllung in der Umgegend von Weimar, Burgtonna im Gothaischen, Greußen im Schwarzburgischen, Kleinvargula, Tennstädt, Weißensee in Thüringen u. a. O. —

§. 15. Stinkstein, Stinkkalk (bituminöser Kalkstein) muß dem dichten Kalk zugerechnet werden. Farbe graulich-schwarz, grau, braun, gelb, derb; eingesprengt in Geschieben; innen schimmernd, wenig

glänzend oder matt; mit dichtem oder blättrigem Bruche (gemeiner oder blättriger Stinkstein). Der dichte verläuft sich durch's Muschelige in's Erdige, aus dem Splitterigen in's Unebene. Gewöhnlich bricht er scheibenförmig, schieferig, selten unbestimmt eckig. Strich graulich weiß. Die Bestandtheile sind kohlensaurer Kalk von bituminösen Theilen durchdrungen; daher sein Geruch nach Erdöl beim Zerschlagen, den er jedoch nebst Farbe im Brennen verliert. Er geht zuweilen in gemeinen dichten Kalk über. Seine Fundorte sind: Camsdorf, Eisleben, Glücksbrunn, Frankenhausen, Ilmenau in Thüringen, in Böhmen (bei Prag rc.), in Oberhessen (Thalitter rc.), in Baiern, der Schweiz, Frankreich, Flandern, Brabant, Polen rc. Wo er in großen Massen vorkommt, brennt man ihn zu Kalk, der etwas mager, jedoch gut bindet, so in Westgothland. Da er beim Glühen durch sein Bitumen viele Wärme entwickelt, so erfordert er wenig Brennstoff und kann, wenn dieses im größern Verhältnisse obwaltet, sogar wie Steinkohlen die Feuerung selbst vermitteln und sich zugleich zu Kalk brennen, wie in der Grafschaft Galway geschieht. Der unter dem Namen „brabanter Marmor" (Lucullan) bekannte sehr dichte Stinkstein von graulich schwarzer und schwärzlich grauer Farbe findet sich an beiden Ufern der Maas; vorzüglich bei Namur und Lüttich, wo er mächtige Felsen bildet, sowie der schuppig körnige bei Brie, unweit Belle-Alliance, wird dort in großer Menge als Kalk benutzt. —

§. 16. Braunkalk (Braunspath), er gehört dem Dolomit zu, indem er gegen 50 Procent kohlensauren Kalk, 32 Procent kohlensaure Bittererde und 7 Procent Eisen enthält. Gefüge körnig, blättrig oder faserig (faseriger Braunkalk); krystallinisch, weiß in linsenförmigen Krystallen krystallisirt, nierenförmig, kugelig, zellig, derb; Farbe: gelblich braun, gelblich grau, häufig roth, auch mehrfarbig. In dem Gestein befinden sich öfters Höhlungen, die mit Bitterspath erfüllt sind; auch ist manchmal Schwefelkies eingesprengt. Die Schichtung des ältern Dolomits ist mitunter fast senkrecht, dem jüngern fehlt sie ganz. Der Braunspath findet sich meist in Gängen der Ur- und Uebergangsgebirge, so bei Wittichen und Wolfach in Baden, bei Freudenstadt im Schwarzwald, am Harz bei Walkenried, in dem sächsischen Erzgebirge (Freiberg, Schneeberg, Annaberg), im Neustädter Kreise bei Kammsdorf, bei Hanau, Bamberg, in Thüringen, Böhmen, Salzburg, Ungarn, in der Grafschaft Derby in England. Er ist zum Brennen sehr geeignet und liefert häufig einen guten hydraulischen Kalk. —

Unter die erdigen Kalke gehört auch:

§. 17. Mergel; Kalkmergel, Thonmergel. Unter Mergel versteht man im Allgemeinen ein Gemenge von kohlensaurem Kalk und Thon in verschiedenen Verhältnissen, theils fest als verhärteter Mergel, theils erdig als Mergelerde. Einige Mergelarten zeigen ein schiefrig-blätteriges Gefüge und heißen daher Mergelschiefer.

Enthält der Mergel 25 bis 50 Procent Thon, so heißt er Kalkmergel und bei 50 bis 75 Procent Thongehalt Thonmergel; ist der Kalkmergel reich an kohlensaurer Magnesia, so heißt er Dolomitmergel. Der Kalkmergel, welcher 24 bis 30 Procent Thongehalt besitzt, liefert einen sehr guten, beinahe den besten natürlichen hydraulischen Kalk; derselbe hat bei seiner Ausbeute, daher in feuchtem Zustande, gewöhnlich eine gebliche, mehr dunkelgraue, unreine Farbe; trocknet er an der Luft, so wird er beinahe in's Weiße übergehend, gelb. Man kann ihn ebenso wie Kreide zum Schreiben verwenden, nur wird das Geschriebene statt rein weiß, etwas gelblich erscheinen. Der gute Kalkmergel bleibt an der Zunge kleben. Der Mergel braust mit Säuren um so mehr, je mehr er Kalk enthält und hinterläßt dabei einen Rückstand von Thon; je thonreicher er ist, desto geringer ist das Brausen und desto größer der Rückstand. Alle Mergel geben beim Anhauchen einen Thongeruch, und halten die Feuchtigkeit lange zurück; die meisten zerfallen an der Luft und werden dadurch fähig, in der Oekonomie als Düngungsmittel verwendet zu werden; sie liefern in der Regel einen sehr lockern Boden, der die Feuchtigkeit lange anhält; sie eignen sich daher vorzugsweise zur Verbesserung eines sandigen Bodens.

Der Mergel ist meist deutlich geschichtet, bildet mehr oder weniger mächtige Bänke, ist stets stark zerklüftet, und wird durch die Einwirkung von Luft und Regen leicht zerstört; er kommt im Flötzgebirge als ein Glied älterer und neuerer Kalkformationen, häufig im aufgeschwemmten Boden zwischen Sand- und Thonschichten vor. Er bildet eine mächtige Grundlage von einem großen Theile Norddeutschlands, vornehmlich von Schleswig, Holstein, Mecklenburg, auch von Jütland; alsdann kommt er namentlich in den oberen Schichten der verschiedenen Kohlenformationen vor, worin derselbe bisweilen eine Mächtigkeit von 100 bis 150 Fuß erreicht.

§. 18. Kalkmergelnieren, Kalksteinnieren. Dieselben kommen meistens in jenen Thonschichten vor, welche mit den Kalksteinbänken der Oolithenformation wechseln, dann in derjenigen Thon-

schicht, die über der Kreide liegt. Diese Mergelnieren enthalten 20 bis 40 Procent Thon; sind meist eiförmig gestaltet, theils faustgroß, theils oft 10 Zoll dick und 12 bis 24 Zoll lang; sie sind gelblich grau, braun, mit Adern von Kalkspath durchzogen, nicht selten im Innern hohl und mit Kalkspathkrystallen, Muscheln, Holzstücken 2c. drüsenatig ausgefüllt. Wo nicht besondere Umstände die Gewinnung dieser Mergelnieren begünstigen, können dieselben nicht gewonnen werden, da sie einzeln im Thon zerstreut liegen. In Hohlwegen, an Fluß- und Meeresufern wird aber der Thon zerstört und werden die Nieren in großer Menge am Ufer liegend gefunden, wodurch ihre Gewinnung wesentlich erleichtert ist.

Man findet sie namentlich in England in Sommersethire, Derbyshire, Yorkshire, Glamorganshire auf der Insel Wight, Sheppy, Thanet, an den Ufern und im Bette der Themse; an der französischen Küste bei Boulogne (Gallets de Boulogne), an der holländischen Küste bei Antwerpen. Aehnliche Kalkmergelnieren kommen auch bei Neustadt-Eberswalde, auf Rügen am Abhange bei Arkona im Thone vor; auch in Bayern bei Altdorf, Kulmbach. Ferner in Ungarn im Berge zu Battina, im Donau-Ufer an den Strecken unter Pest, zu Titel an der Theiß. Specifisches Gewicht der englischen 2,59, der französischen 2,16. Diese **Kalkmergelnieren** geben ebenfalls nach dem Brande einen sehr guten hydraulischen Kalk; bekannt sind die daraus gefertigen **Parker's** Roman cement und Plâtre-ciment de Boulogne sur mer.

§. 19. Die **Bergmilch**, **Montmilch** (Mehlkreide, mineralischer Schwamm), eine Kreide neuern Ursprungs, gelblich-, graulich-, schneeweiß, aus locker verbundenen, zusammengebackenen Kalktheilchen bestehend, oft weicher und lockerer als Kreide, oft von Wasser durchdrungen und weich, abfärbend, fühlt sich fein und mager an, hängt etwas an der Zunge und rauscht zwischen den Fingern. Sie findet sich namentlich in Höhlen und Klüften der Kalkgebirge und überzieht die Ablösungen des verhärteten Mergels und Sandsteins in der Schillershöhle bei Hohen-Wittlingen unfern Urach in Württemberg, im Bündnerschen, Braunschweigischen (Walkenried), in Böhmen (Rochosetz, Bunzlauer Kreis, Duchorsitz), in Mähren (Sloperhöhle), in Oestreich (Kalkhügel), bei Mödling, Eichkugel, um Baden, unweit Regensburg, beim Passe, Struv, Lueg, im Hohlwegthale unweit Frauenwiese, am Gaisberg bei Kirchberg, am linken Ufer der Alz, unweit Altenmark, im Baireuthischen, Bergischen, in der Schweiz, in Piemont 2c.

Man verbraucht sie, besonders in der Schweiz, roh zum Tünchen

der Wände und zum Anstriche auf Holz. Wegen des Abschmuzens versetzt man sie zuweilen mit einem Achtel bis einem Drittel Aetzkalk. In der Uckermark wird sie, in Backsteinform gebracht, gebrannt.

§. 20. Austernschalen und Muscheln. Aus Muschelschalen aller Art, die man an den Küsten des Meeres in Massen ansammelt; wo sie nach der Fluth auf Sandbänken in Menge zurückbleiben, brennt man den Muschelkalk, der in solchen Gegenden fast ausschließlich gebraucht wird.

Sie werden theils in Haufen geschichtet, mit Holz und Torf überdeckt, theils in Gruben gebrannt; in Holland, an der deutschen Nordküste (Friesland, Bremen ꝛc.). Sie müssen scharf gebrannt werden, denn der geringste Rückstand von Kohlensäure hindert das Löschen; überhaupt löscht sich der Kalk aus Muscheln schwerer, als Steinkalk. Da den Muscheln Meersalz anhängt, so bildet sich durch's Brennen etwas Chlorcalcium, wodurch der davon gefertigte Mörtel hygroskopisch wird, die Mauern feucht werden und kohlensaures Natron auswittert. Man braucht ihn daher auch nicht zum äußern Verputz und läßt in diesen Gegenden die von Backsteinen ausgeführten Mauerflächen roh. Durch starkes Auslaugen und Waschen der Muscheln im süßen Wasser kann dem etwas vorgebeugt werden. Zu gleichem Zweck werden an den Küsten des adriatischen und mittelländischen Meeres die Korallen benutzt. Nach Beaumé geben die Muscheln einen schärfern Aetzkalk als die reinsten Kalksteine. Vauquelin fand in ihnen außer kohlensaurem Kalk auch etwas phosphorsauren Kalk, Talkerde und Eisenoxyde. Nach John enthalten sie 96,25% kohlensauren Kalk, 0,5 kohlensaure Bittererde, 1,5 thierische Membrane, 0,5 Wasser, 0,25—0,5 phosphorsauren Kalk, Spuren von Eisen und Manganoxydul. In Wien hat man aus Eierschalen Kalk gebrannt. Derselbe, zum Ausweißen benutzt, trocknet schneller und giebt eine gute Weiße; nur ist das rohe Material nicht in ersprießlicher Menge zu beschaffen. —

III.

Vom Untersuchen der Kalksteine.

§. 21. Um die Verwendbarkeit der Steine zum Kalkbrennen zu ermitteln, ist eine chemische Untersuchung erforderlich; zunächst unterwirft man sie einer vorläufigen Untersuchung, ob der zu verwendende

Stein Kohlensäure enthält. Zu diesem Zwecke braucht man auf denselben nur einen Tropfen Weinessig, Salpeter- oder Salzsäure zu gießen oder ein Stückchen zu zerpulvern und einige Finger voll in diese Säure zu werfen; erfolgt ein Aufbrausen, eine Gasentwicklung, so ist Kohlensäure vorhanden und der Stein gewöhnlich zum Kalkbrennen zu verwenden. Zu einer genauen chemischen Untersuchung der zu verwendenden Kalksteine wendet man sich am besten an ein chemisches Laboratorium, da es schwierig ist, einem Praktiker ohne chemische Vorkenntnisse zu einer genauen Kalkuntersuchung die Anleitung zu geben.

§. 22. Um sich von der Güte des gebrannten Kalkes, insofern dieselbe von fremden ihm beigemengten Erdarten abhängig ist, zu überzeugen, kann man folgendermaaßen verfahren: Man schüttet eine beliebige, jedoch vorher abgewogene Menge des gebrannten Kalkes, den man prüfen will, in ein feines leinenes Tuch und bindet es mit einer Schnur so zu, daß der Kalk locker bleibt und nicht herausfallen kann. Man bringt hierauf das Tuch in ein Gefäß, je größer um so besser, mit Regenwasser; nachdem sich der Kalk gelöscht hat, schwenkt man das Bündel fleißig im Wasser herum, damit sich Kalk so lange darin auflöse, bis es gesättigt ist, was man leicht an einer milchigen Trübung erkennt, die ungeachtet des häufigen Umrührens nicht verschwindet. Ist diese Trübung eingetreten, so erneuert man das Wasser und fährt damit so lange fort, bis aller Kalk in dem Tuche sich aufgelöst hat, was man daran erkennt, daß das Wasser selbst beim häufigen Schwenken des Tuches in demselben nicht getrübt wird. Die in dem Tuche zurückgebliebenen Substanzen sind dann die erdigen Theile, die den Kalk verunreinigen. Schüttet man diese Substanzen aus dem Tuche, trocknet und wiegt sie demnächst, so kann man leicht die Procente berechnen, die der Kalk an fremdartigen Theilen enthält. Will man jedoch ein sehr genaues Resultat haben, so muß man in folgender Weise verfahren: Der Kalk, der zum Versuche bestimmt ist, wird abgewogen, in das leinene Tuch gethan, zugebunden und das Ganze nochmals gewogen; der Unterschied der in dieser Art erhaltenen beiden Gewichte ist dem Gewichte des leinenen Tuches und der Schnur gleich. In einer gläsernen oder porzellanenen Schale wird die Auflösung des Kalkes, wie vorhin beschrieben wurde, vorgenommen. Bevor frisches Wasser zugegossen, läßt man das Kalkwasser einige Zeit zugleich stehen damit diejenigen festen Körper, die von dem leinenen Tuche nicht zurückgehalten wurden, zu Boden sinken können, und gieße es dem-

nächst behutsam ab. Hat sich der Kalk in dem Tuche sämmtlich aufgelöst, so wird dasselbe mit seinem Inhalte getrocknet. Hierauf wird ein Filtrum abgewogen und in dasselbe das Kalkwasser mit seinem Bodensatze aufgegossen, indem man dafür Sorge trägt, daß von dem letztern nichts in der Schale zurückbleibt. Ist die Filtration vollendet, so wird das Filtrum mit seinem Inhalte getrocknet. Das Tuch und das Filtrum werden nun gewogen und von diesem Gewichte das Gewicht des Tuches und des Filtrums abgezogen, so ist der Rest das verlangte Gewicht der im Kalke enthaltenen Unreinigkeiten. Man hätte z. B. 4 Pfd. gebrannten Kalk zur Untersuchung bestimmt, so würde man folgendermaßen verfahren:

Gewicht des Kalkes	4 Pfd.	— Lth.
= = Kalkes und Tuches	4 =	1 =
= = Tuches	— =	1 =
= = Filtrums.	— =	$\frac{1}{4}$ =
= = nach geschehener Auflösung des Kalkes getrockneten Tuches	— =	4 =
Gewicht des nach vollendeter Filtration getrockneten Filtrums	— =	$\frac{1}{2}$ =
Im Ganzen	— Pfd.	$4\frac{1}{2}$ Lth.
Gewicht des Tuches und Filtrums	— =	$1\frac{1}{4}$ =
Gewicht der fremden Bestandtheile	— Pfd.	$3\frac{1}{4}$ Loth

Es verhalten sich also:

4 Pfd.: $3\frac{1}{4}$ Lth. = 100: 2,57.

Der Kalk enthält demnach in 100 Gewichtstheilen 2,57 Gewichtstheile fremdartiger Bestandtheile; er ist daher fett.

§. 23. Von allen Mitteln bleibt indeß das Brennen jedenfalls das einfachste und zugleich das, welches in seine Angaben am meisten Vertrauen erweckt. Zu dem Ende ist es ausreichend, ein Stück des Steins, welcher gewogen worden, einem anhaltenden und heftigen Feuer auszusetzen, es einige Zeit darin weißglühend zu erhalten, oder mehrmals auszuglühen, nach der Calcination zu wiegen, um die Quantität der ausgetriebenen Kohlensäure zu ermitteln, und hierauf während zwei oder drei Minuten unter Wasser zu tauchen, zuletzt aber der Luft auszusetzen.

Wenn das Stück Kalkstein war, so wird eine bedeutende Gewichtsverminderung eingetreten sein. Die bituminösen Theile und der Wassergehalt mancher Kalksteine sind für das Verhalten bei der Verwendung gleichgültig, da sie durch das Brennen zerstört werden.

Wenngleich dieses Verfahren einfach genug ist, so kann man

es doch noch abändern und es schneller und mit geringerm Feuer ausführen. Hierzu pulverisirt man das Stück Stein, schüttet das Pulver in einen Kolben und setzt es unter öfterm Umrühren ungefähr eine Stunde lang dem Glühen in einem ziemlich heftigen Feuer aus; nach dem Erkalten wird es gewogen und den angegebenen Proben unterworfen. —

§. 24. Das Verhalten der Kalksteine, die nicht reiner kohlensaurer Kalk sind, im Feuer ist, wie es Knapp darstellt, folgendes:

Alle übrigen kohlensaure Kalke verlieren ebenso ihre Kohlensäure; nur der Kalk und die Bittererde bleiben rein zurück, während sich das Mangan- und Eisenoxydul sofort höher oxydiren. Das Wasser wird einfach ausgetrieben, die bituminösen, organischen Theile werden verkohlt. Dagegen findet eine sehr wichtige Wechselwirkung zwischen der Kieselerde, sowohl der freien, als der an Thonerde gebundenen statt. Der Kalk, einmal ätzend geworden, verbindet sich nämlich bei der Glühhitze mit der freien Kieselerde oder zersetzt das Thonerdesilicat dadurch, daß er sich in diese Verbindung, eine Thonerdesilicat bildend, einschiebt; er wirkt, wie man sagt, aufschließend darauf. —

§. 25. Zur Untersuchung der hydraulischen Eigenschaften von Kalksteinen oder Mergel empfiehlt Mihálik*) folgendes Verfahren:

Man zerschlägt den zu untersuchenden Stein oder Mergel in Stücke bis zur Größe eines Hühnereies und setzt erstere $1^3/_4$ bis 2 Stunden lang der Weißglühhitze, letzteren aber nur einer sehr starken Rothglühhitze aus (was auch beim Schmiedefeuer thunlich ist); verwandelt dann die gebrannten Stücke, am besten in einem Mörser, zu ganz feinem Pulver, durchsiebt solches und begießt es auf einer Blechplatte, auf einem Porzellanteller, oder auf einem vorher mit Wasser gehörig genetzten Brettchen, mit ebenso viel Regenwasser, als zu dessen Sättigung nöthig ist. Hierauf wird der so erzeugte Teig mittelst eines hölzernen Löffels gehörig abgerieben, dann 5 bis 10 Minuten fest durchstrichen und gerührt, bis er eine Consistenz erlangt, welche gestattet, aus der Masse eine Kugel von der Größe einer Nuß oder eines Hühnereies zu bilden. Nun legt man vor Verlauf von 5 Minuten die Kugel in ein Glas No. 1. und gießt in dieses sehr langsam soviel Wasser als nöthig ist, um die Kugel mit demselben zu bedecken. In ein zweites an der Oeffnung weiteres Glas No. 2. hingegen kann die noch übrige Masse nach

*) Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens von Joh. von Mihálik. 2. Aufl. Wien 1859, S. 19.

der Glasform eingedrückt und ebenfalls langsam mit Regenwasser übergossen werden.

Diese Proben bringt man im Zimmer oder im Freien an einen Ort, wo sie ruhig stehen können. Ist der Kalk ein guter natürlich-hydraulischer, so erfolgt das Festwerden der Probemasse im Glase No. 2. in 1 bis 14 Tagen; gehört der Kalk zur besten Sorte, so wird die in das Probeglas No. 1. gelegte Kugel während obiger Zeit nicht nur festgeworden sein, sondern auch ihre Form behalten haben. Zeigt sich aber in diesen Probemassen kein Zusammenhang und sind sie in den Gläsern nach drei Wochen auch noch nicht hart, sondern ein Brei, oder zerfallen sie wie Erde, dann hatte man keinen hydraulischen Kalk der Probe unterzogen.

Der Umstand, daß der hydraulische Kalk oder das Kalkmehl das ihm anfänglich beigegebene Wasser plötzlich in sich aufnimmt (verschluckt), und zu der Meinung führen könnte, daß das Mehl nicht genügend naß gemacht worden sei, — darf nicht irre leiten; man säume nur nicht, diese trocken aussehende Masse fleißig durchzuarbeiten, und sie wird sich sehr bald in eine feuchte teigartige verwandeln, die jedoch, wenn die Menge des beigegebenen Wassers die richtige war, nie dünnflüssig werden wird. Der dünnflüssige Zustand wäre ein Zeichen, daß der Kalk zu viel Wasser enthielt; dann müßte dieser Brei beseitigt und eine neue Probemasse, jedoch mit weniger Wasserzuguß als früher, bereitet werden.

IV.

Vom Brennen der Kalksteine im Allgemeinen.

§. 26. Die Kunst des Kalkbrennens besteht hauptsächlich darin, aus den Kalksteinen die Kohlensäure vollständig mit dem geringsten Aufwand von Kosten, also auch von Brennstoff, auszutreiben. Großen Einfluß darauf haben Größe, Natur, Feuchtigkeit ꝛc. der Steine, Brennmaterial, Witterung, Einrichtung des Brennofens, Art des Einsatzes ꝛc.

Die Kohlensäure fängt auf der Oberfläche des Steines an zu entweichen; hierauf folgt die immer tiefer im Innern eingeschlossene bis auf die des Kerns. Unter sonst gleichen Verhältnissen werden demnach kleinere Steine in kürzerer Zeit gar gebrannt und man muß zu große Steine in kleinere zerschlagen. Dabei ist es desto vortheilhafter, je größer die Oberfläche der Steine zu ihrem Cubik-

inhalte ist. Kugelige und würfelige Gestalten sind daher nicht die vortheilhaftesten.

Die als Gas entwickelte Kohlensäure muß möglichst schnell fortgeführt werden, um immer wieder neuer Platz zu machen. Die Steine dürfen deshalb nicht dicht, sondern sie müssen so aufgeschichtet werden, daß ihre Zwischenräume zusammenhängende, fortlaufende Kanäle für den Gasabzug bilden; auch dürfen die Kalksteine zu dem Ende nicht zu klein zerschlagen werden, weil sonst die Zwischenräume zu eng werden. Dieser Abzug des Kohlensäuregases wird durch flüchtige Wasserdämpfe beschleunigt und befördert, wenn sich solche zugleich entwickeln können. Vollkommen ausgetrocknete, d. h. solche Kalksteine, die nach dem Brechen lange an der Luft gelegen haben, brennen sich mit trocknem Brennmaterial äußerst schwierig gar; dagegen erfolgt bei frisch gebrochenen Steinen, die ihre Erdfeuchtigkeit noch enthalten, und lufttrocknem Brennmaterial das Garbrennen am leichtesten. Wenn aber die Erdfeuchtigkeit der Kalksteine zu schnell, in zu großer Masse ausdampft, so zersprengt sie leicht diesen in kleine Stücke, wodurch die Gaszugröhren zu sehr verstopft werden, oder sogar die aus zu brennenden Kalksteinen aufgesetzten Gewölbe der Feuerräume zusammenfallen können. Deshalb und um die Wasserdämpfe nicht zu schnell zu verlieren, muß im Anfang nur langsam — mit Schmauchfeuer — geheizt werden. Die Hitze soll aber nach und nach bis zur Gare stets gesteigert werden und bis dahin nie herabsinken. Um das Brennen zu sehr ausgetrockneter Kalksteine zu befördern, sucht man oft Wasserdämpfe in den Ofen dadurch zu treiben, daß man in die Aschenfälle Gefäße mit Wasser stellt, welches theils von der Gluth des Feuers, theils von der hineinfallenden glühenden Asche sehr stark erhitzt wird, und sich in Dampf auflöst, der von dem Zuge in den Ofen geführt wird und die Entbindung des kohlensauren Gases befördert.

§. 27. Wenn der Kalkstein, der gebrannt werden soll, sehr frei von fremdartigen Bestandtheilen ist, wenn er also nach dem Brennen einen sehr fetten Kalk giebt, so kann die Hitze in der letzten Periode des Brennens ohne Nachtheil sehr hoch gesteigert werden, weil der reine Kalk, der also frei von Kohlensäure ist, selbst im stärksten Ofenfeuer unverändert bleibt. Enthält er dagegen Kiesel- oder Thonerde, so erfolgt in hoher Temperatur ein Zusammensintern, d. h. der Kalk wird todtgebrannt. Unreiner Kalkstein erfordert daher beim Brennen eine größere Aufmerksamkeit, als reiner; man muß ihn nämlich durch eine mäßig hohe Temperatur in längerer Zeit gar

brennen, während man aus reinem Kalksteine durch eine anhaltende höhere Temperatur in kürzerer Zeit die Kohlensäure austreiben kann. Im Allgemeinen muß sich deshalb der Hitzegrad darnach richten ob und bei welchem Grade ein oberflächliches Sintern zu früh eintreten kann. Zugleich muß man nach Verhältniß der Vertheilung der Hitze im Ofen die Kalksteine nicht nur nach ihrer Größe, sondern auch nach ihrer Dichtheit, sowie nach ihrer durch Verschiedenheit der Beimischung fremder Bestandtheile, oft in einem und demselben Steinbruche ungemein manchfaltig, ausscheiden und einsetzen, wenn man nicht etwa lieber sehr ungleichartige Steine zu ganz verschiedenen Einsätzen (Brände) ausscheiden will.

Aus diesem Grunde müssen auch größere und dichtere Steine in der Nähe des Heizraumes und in der Mitte des Ofens, die kleinen dagegen an die Wand und nach oben hin gesetzt werden. Der erforderliche Hitzegrad wechselt von 15—30° Wedgewood. Beim Beginn des Anfeuerns (Schmauchfeuers) mit Reisig oder kleinem Spaltholze steigt 6 bis 12 Stunden lang ein dicker, schwarzer Rauch auf, der die auf der Oberfläche feucht beschlagenen Steine schwärzt; mit der Steigung der Gluth braun wird und abnimmt, wobei die Anrußung oder Schwärzung der Steine sich wieder verliert, bis endlich die Flamme durch die oberen Oeffnungen der Zuglöcher schlägt. Erst erscheint sie dunkelroth, violett, dann blau, gelb, endlich weiß. Die Weißglühhitze wird dann nach Verhältniß der ungemein manchfaltigen Einflüsse und Bedingungen bald längere, bald kürzere Zeit unterhalten, bis man das Feuer mindert, den Ofen allmälig abkühlen läßt und den Kalk austrägt, wenn der Ofen kein continuirlicher Stichofen ist.

§. 28. Die Kalköfen müssen so nahe als möglich an den Orten angelegt werden, wo man den Kalkstein und das Brennmaterial gewinnt, oder wo eine bequeme Wasserstraße die Anfuhr beider gestattet, weil die Transportkosten eins von den Elementen sind, woran sich am wenigsten sparen läßt, so daß schlechte Einrichtungen in dieser Beziehung die doppelten Kosten veranlassen können.

Zu der Heizung kann das verschiedenartigste Brennmaterial als Holz, Steinkohlen, Braunkohlen, Torf verwendet werden, wobei jeder Brennstoff eine besondere Einrichtung der Feuerung und der Beschickung der Oefen bedingt. Die Heizöffnungen oder die Schürlöcher müssen gegen den Wind geschützt sein; man bringt sie daher an der Seite des Ofens an, die den herrschenden Winden abgekehrt ist, schützt sie auch wohl durch einen Vorbau, durch eine Thüre, durch

Schirme oder vorgelegte Reisigbündel. Denn wird die Heizöffnung vom Winde getroffen, so treibt er die Flamme nach hinten, der an der Hinterseite des Ofens befindliche Kalk allein wird stark erhitzt, der an der Vorderseite befindliche weniger, in Folge dessen er nicht gar gebrannt wird. Man erkennt diesen Zustand daran, daß sich die Steine des Schürgewölbes schwärzen; man muß dann den Windzug vermindern und durch Flackerfeuer nachhelfen.

§. 29. Da der kohlensaure Kalk 0,56 Aetzkalk und 0,44 Kohlensäure dem Gewichte nach enthält, so kann der gebrannte Kalk bis 44% seines Gewichtes in rohem Zustande durch Brennen verlieren und noch mehr bis zur Hälfte, wenn er außerdem feuerflüchtige Theile — Bitumen 2c. — enthält, das ihm im rohen Zustande eine grün-schwarze Farbe giebt, die dann weiß erscheint, wie allemal wenn die färbenden Stoffe sämmtlich feuerflüchtig sind*). Sind nur einige derselben flüchtig, so geht doch immer eine Farbenänderung (Farbenlichtung) vor; reiner Kalk erscheint immer weiß, doch nicht immer umgekehrt. Zugleich vermindert sich beim Brennen des Kalkes sein Volumen um 5—10%; also setzt sich der Einsatz immer mehr. Aus dem vorher Erwähnten fließen nun die Regeln, die den Kalkbrenner bei der Beurtheilung des Grades der Gare leiten müssen. Durch Uebung erlangt er einen ziemlich sichern Schluß hierauf, aus der Gewichts- und Umfangsabnahme (Setzen), aus der Entfärbung oder Farbenänderung, aus dem Schein in der Weißglühhitze 2c

§. 30. Ueber die Zeit, wenn ein Brand beendet sein kann, läßt sich nichts Bestimmtes sagen, denn sie ist von der Größe und Beschaffenheit des Ofens, von der Beschaffenheit des Brennmaterials, von der Dichtheit und sonstigen Beschaffenheit der Kalksteine, von der Lage des Ofens gegen die herrschenden Winde und von der Einwirkung derselben auf den Ofen abhängig. Wenn alle Verhältnisse günstig genannt werden können, so sind 36 Stunden zu einem Brande in kleineren Oefen hinreichend; oft sind aber 60 bis 100 Stunden erforderlich. Kalksteine, welche fremdartige Bestandtheile, als Thon- und Kieselerde enthalten, werden weniger Zeit und Feuerung zum Garbrennen erfordern, als ein gleiches Volumen reiner Kalksteine, da jene weniger Kohlensäure enthalten. Unterhält man das Feuer

*) Triest hat hierüber mit Rüdersdorfer Kalkstein Versuche im Großen angestellt. Ein Einsatz von 1066 Centnern wurde in 12¼ Stunden mit 6 Haufen Holz (à 18′ (5m, 62) lang, 9′ (2m, 82) hoch und 3′ (0m, 94) breit) gar gebrannt und wog noch 598 Ctr. 74 Pfd. Beim Garbrennen mit 238 Scheffel Steinkohlen wog ein Einsatz von 969 Centnern noch 539 Ctr. 29½ Pfd.

nicht hinreichend lange, so bekommt man einen Kalk, der im Innern noch nicht völlig gebrannt ist, von welchem beim Uebergießen mit Wasser nur die äußern Schichten sich löschen, ein Kern von ungebranntem Kalke aber zurückbleibt. Beim Ausleeren des Ofens erkennt man die ungaren Stücke leicht an ihrem größern Gewichte. Da, wie oben erwähnt, der Kalkstein beim Brennen etwa 44 % seines Gewichts verliert, ohne im gleichen Verhältnisse sein Volumen zu vermindern, so erscheint er nach dem Brennen leichter, weil wir gewohnt sind, die zum Heben erforderliche Kraft nach dem Volumen zu schätzen. Dieser Uebelstand kann sich am leichtesten bei sehr großen Stücken Kalkstein zeigen, weil sie die längste Zeit zum Durchbrennen erfordern. Es ist daher sehr zweckmäßig, um einen gleichmäßigen Brand zu erhalten, wenn sämmtliche Steine in ziemlich gleich große Stücke von höchstens 3 bis 4 Zoll (80—100 mm.) Durchmesser zerschlagen werden.

§. 31. Man unterscheidet beim Kalkbrennen im Allgemeinen:

1. Feldbrand,
2. Ofenbrand, mit unterbrochenem (periodischen) Brande bei welchem die ganze Ladung auf einmal ausgezogen wird, und
3. Ofenbrand, mit ununterbrochenem (continuirlichem) Brande, bei welchem der gebrannte Kalk unten ausgezogen und zugleich roher Kalkstein oben aufgegeben wird.

V.

Vom Brennen der Kalksteine in Feldöfen.

§. 32. Ist Brennmaterial im Ueberfluß vorhanden und erlauben es nicht die Zeit oder die Anlagekosten, zweckmäßig construirte und regelmäßig ausgeführte Kalköfen zu bauen, so können schon die einfachsten in die Erde (an einem Hügel, Abhang) eingegrabene Gruben oder auch selbst fast ganz über der Erde und frei aufgesetzte Meileröfen dem gewünschten Zweck entsprechen. Solche Fälle kommen beim momentanen Gebrauch größerer Quantitäten und bei der Verwendung des Kalkes zu landwirthschaftlichen Zwecken sehr häufig vor.

Da zuweilen solche einfache Anlagen von Nutzen sein können, indem auf großen Absatz nicht gerechnet werden darf, oder in der

Nähe bessere Anlagen fehlen und die Entfernung den Transport und das Product kostspielig machen würde, so geben wir nachstehend von denselben eine Skizze und kurze Beschreibung:

Fig. 1.

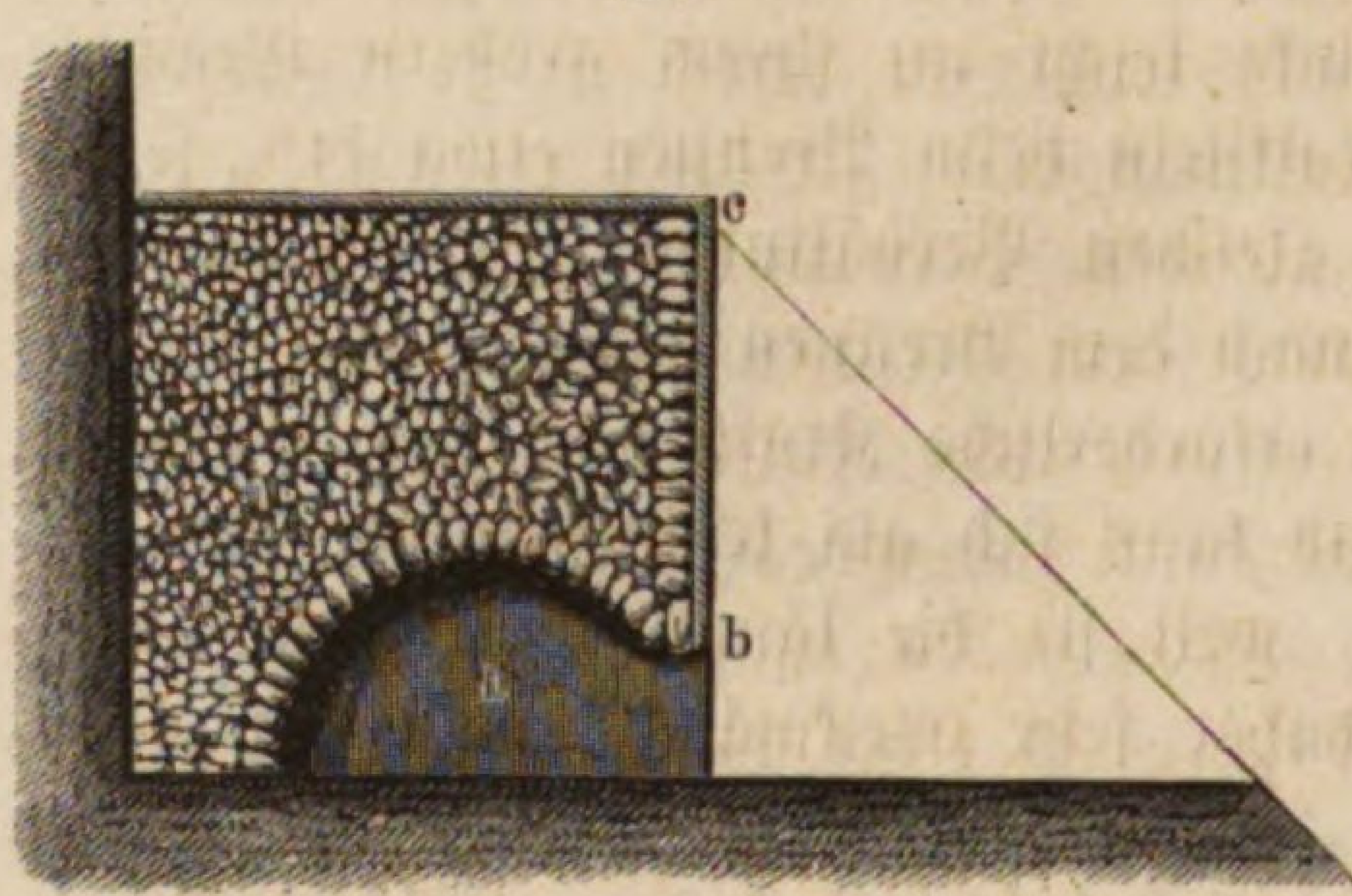
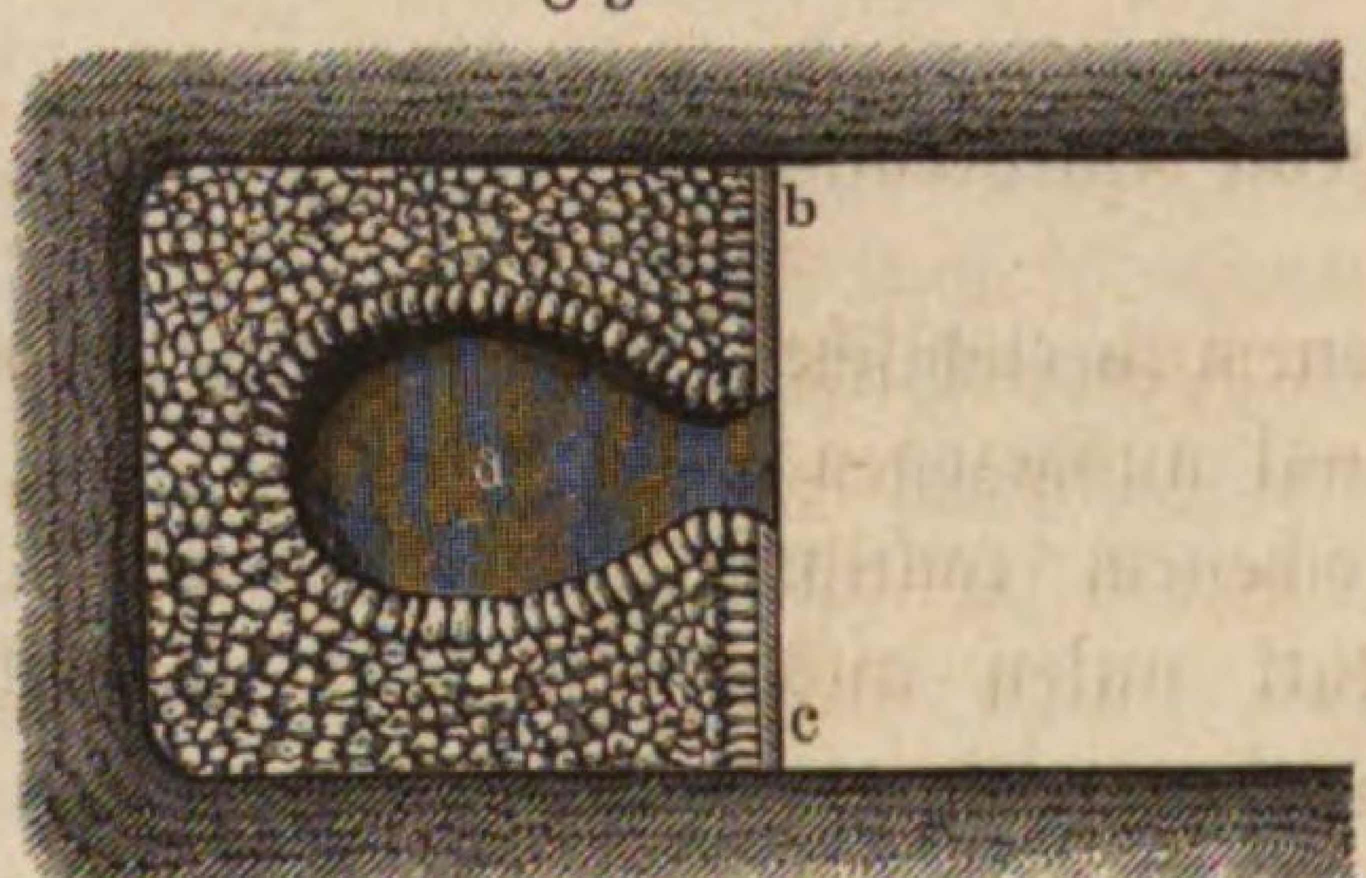


Fig. 2.



Der Kalkbrenner macht (nach Fig. 1. einem Längenschnitt und Fig. 2. einem Grundriß) in eine gewachsene Erdabdachung oder die zu diesem Zwecke aufgeschüttet worden, einen viereckigen Einschnitt mit abgerundeten Ecken von 4—5′ (1^{m}, 20—1^{m}, 50) Breite und Länge und 8—10′ (2^{m},40—3^{m}) Tiefe, überzieht die inneren Wände mit einem Lehmschlag oder setzt sie besser mit feuerbeständigen Steinen trocken aus. In diese Grube werden die Kalksteine, wie die Figuren erläutern, in der Weise aufgesetzt, daß durch größere Steine im untern Theile ein freier 1—2 Fuß (30—60^{cm}) breiter und hoher Raum a fast nach der ganzen Tiefe gebildet und dieser oben durch eine Art Gewölbe geschlossen wird; über diesem werden kleinere Kalksteine in der Größe von 3—6 Zoll (75—150^{mm}) so aufgeschichtet, daß die Flamme frei durchspielen kann; dabei wird die vordere Wand b c aus größeren Steinen regelmäßig angesetzt, daß die Kalksteine nicht zusammenrutschen können.

In dem Raum a wird die Feuerung mit Wellen, Stockholz oder Scheitholz Anfangs gelind, dann stärker 3—4 Tage beständig unterhalten, bis der Kalk gar ist. Wenn die inneren Wände nicht mit Mauerwerk bekleidet sind, so wird natürlich die Hitze beträchtlich von dem anliegenden Erdreiche absorbirt und außerdem mit dem Rauche zugleich durch die offene Seite entweichen. Dessen ungeachtet erlangt man auch auf diese Weise einen richtigen Aetzkalk mit Ausnahme derjenigen Stücke, welche in Berührung mit der äußern Luft bleiben, wie die an der Wand c b liegenden, welche man genöthigt ist, ein zweites Mal mit einzusetzen.

§. 33. Hat man an einem Abhange festen gewachsenen Lehmboden, so macht man die Grube am besten trichterförmig wie Figg. 3. und 4. erläutern, 8—9′ (2m, 4—2m, 7) tief, oben 7—8′ (2m 1—2m, 4), unten 2′ (0m, 6) weit, und sticht am Fuße des Hanges bis zum Boden der Grube ein circa 3′(0m, 9) weites und 4′ (1m, 2) hohes Schürloch a mit halbkreisförmiger Decke ein. In diesem einfachen Ofen kann man entweder die Kalksteine mit einem Gewölbe für den Feuerraum zum Holzfeuern einsetzen, und den übrigen Raum des Ofens mit 3—6″ (75—150mm) großen Kalksteinstücken füllen, oder man bildet auf dem Boden mit Hochkant gestellten Backsteinen eine Art Rost, legt auf diesen Reiser und Holz, darüber eine Lage circa 1′ (30cm) hoch Steinkohlen (Stückkohlen), über diese setzt man eine Lage (8—10″ = 20—25cm hoch) Kalksteine, dann wieder eine Lage (4—5″ = 10—13cm hoch) Steinkohlengrieß und so abwechselnd Kohle und Kalkstein, bis der Ofen gefüllt ist. Das Anzünden des Ofens geschieht hierauf vermittelst des von unten in Brand gesetzten Holzes und es wird so lange durch das Schürloch Holz nachgetragen, bis die oberste Kalklage tiefer gesunken ist. Der leere Raum wird sodann wieder mit einer Lage Steinkohlen und Kalksteine ausgefüllt. Mit 100 Pfund Steinkohlen werden im Durchschnitt 600 Pfund Kalksteine gar gebrannt und dabei $^{11}/_{12}$ Stücke und $^{1}/_{12}$ Kalkstaub erhalten. —

Fig. 3.

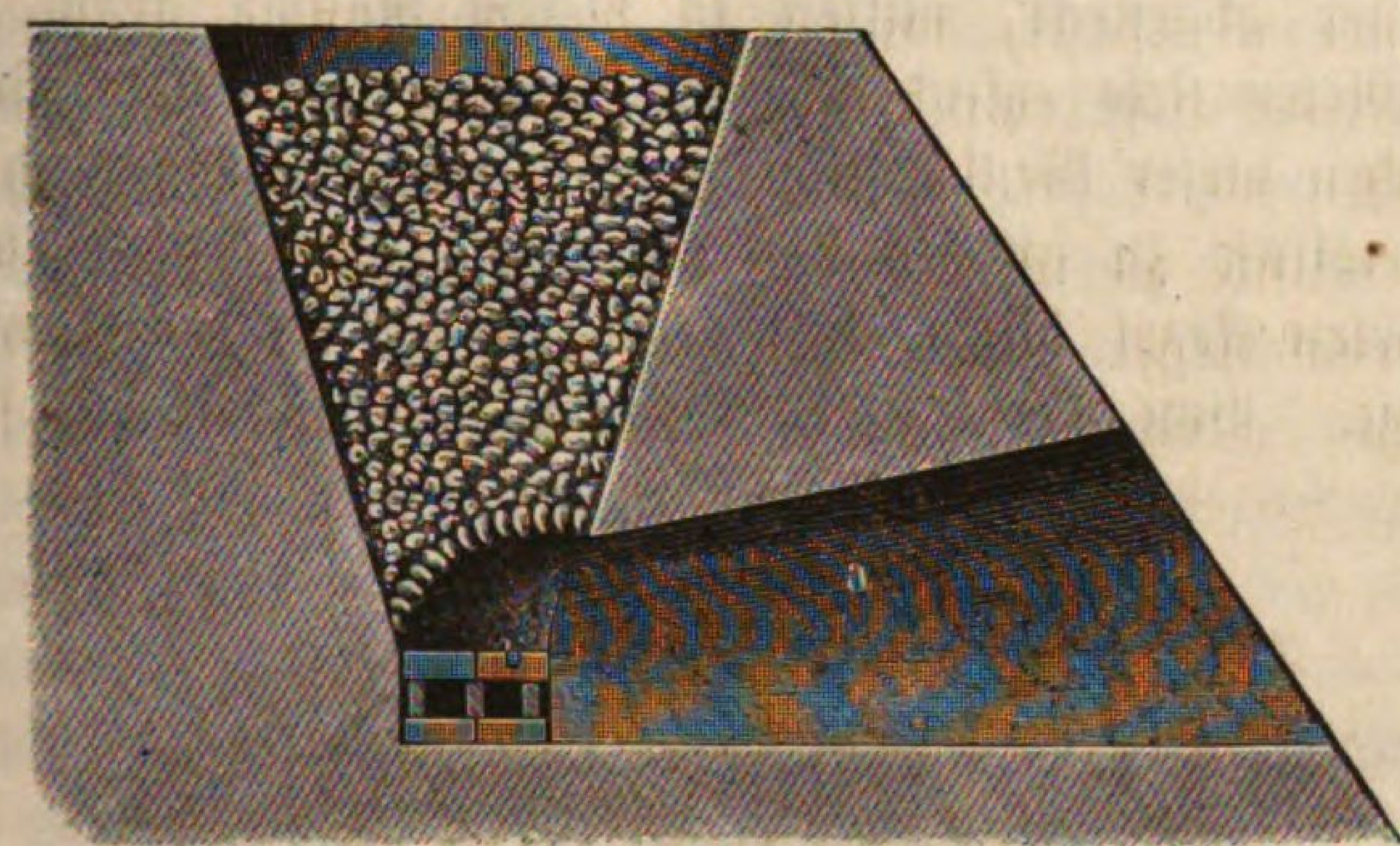
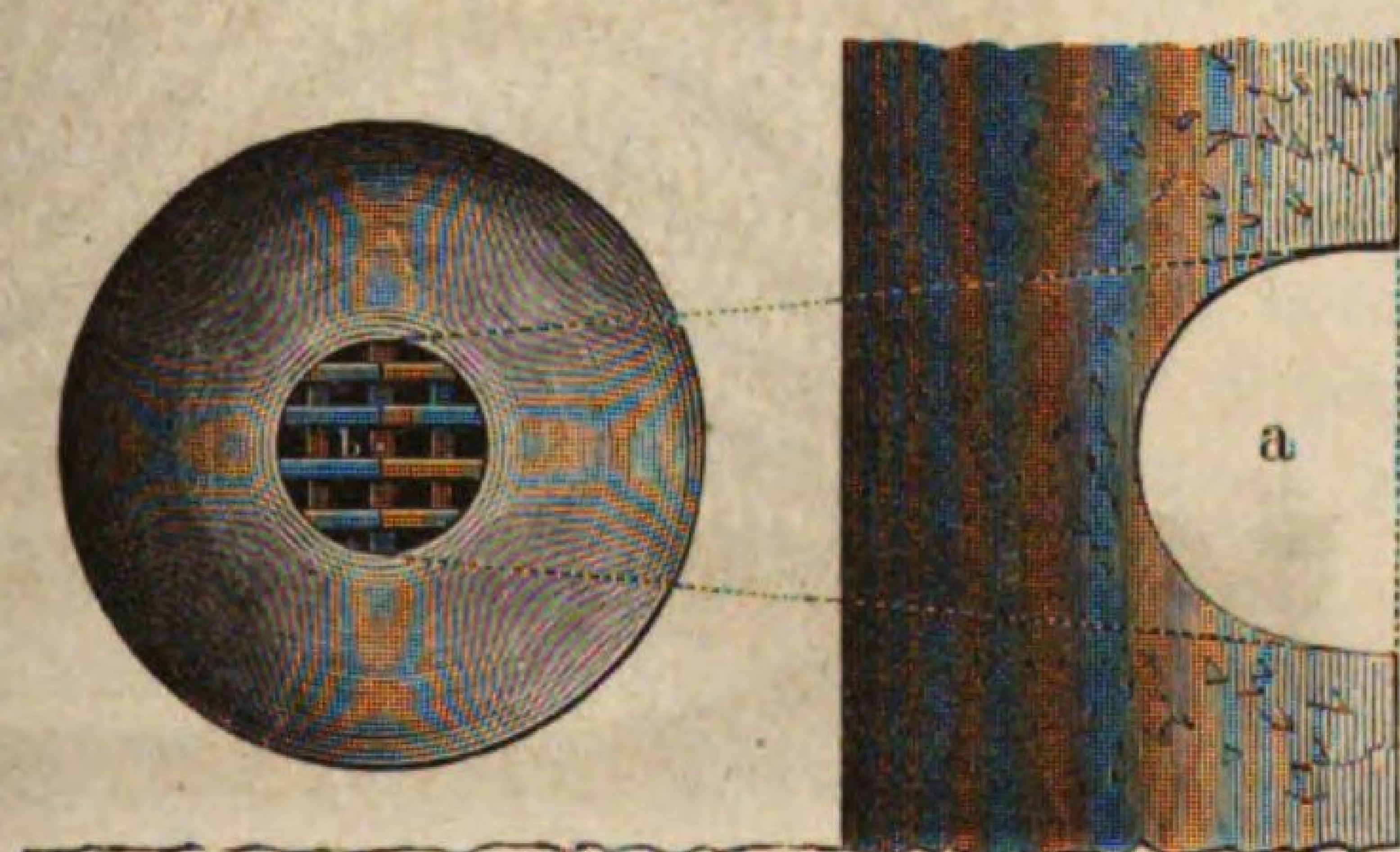


Fig. 4.



§. 34. Die Figg. 5 und 6 zeigen einen Meilerofen, wie solche an den Ufern der Sambre in Belgien angewandt werden.

Auf einer ebenen Bodenfläche wird ein Kreis von 2^{m}, 92 Halbmesser abgesteckt, mitten in diesem Raume gräbt man eine circa 1 Meter tiefe cylindrische Grube von 0,65 Meter Weite. Von dem Boden dieser Grube sticht man die Erde schräg nach der abgesteckten Kreislinie zu ab, so daß die Ausgrabung einen abgekürzten umgekehrten Kegel bildet, dessen Grundfläche in der Ebene dieses Kreises liegt. Von der untern Grundfläche des Kegels führt man einen

Fig. 5.

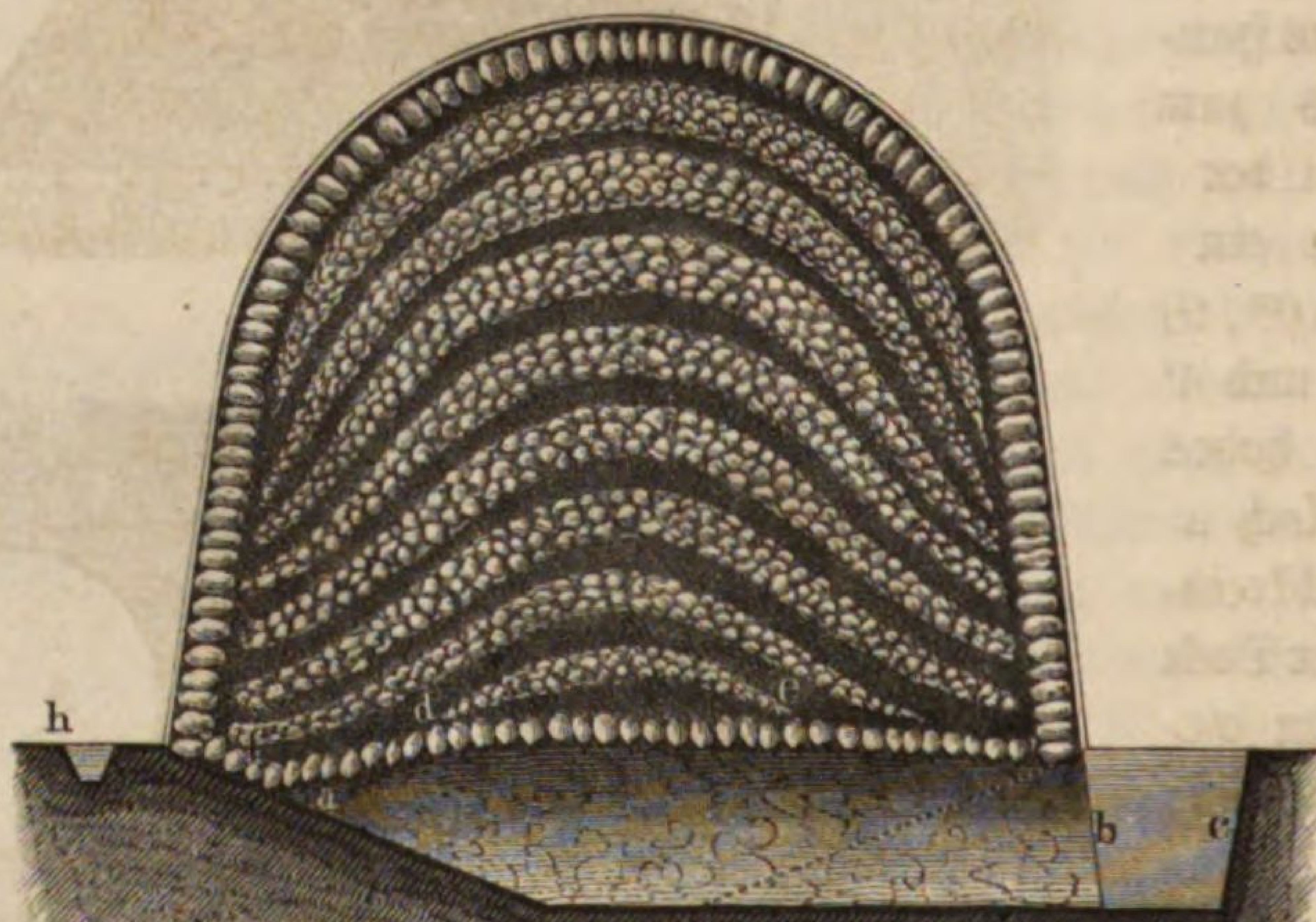
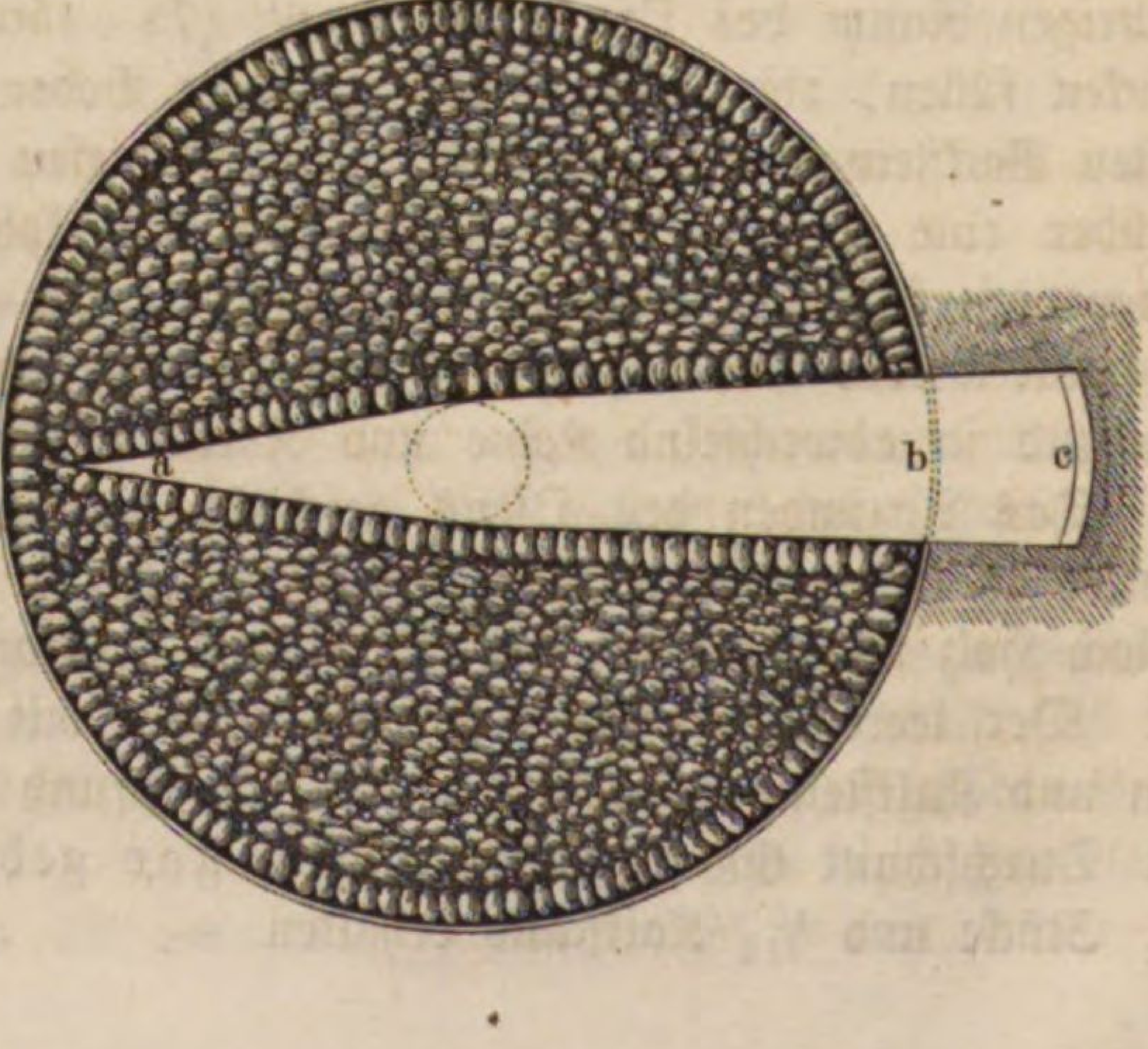


Fig. 6.



Graben a b nach dem äußern Umfang im Niveau der Grundfläche; diesen Graben erweitert man nach b zu hinlänglich, um daselbst mit Kalksteinen eine Thüröffnung aussetzen zu können; in der Mitte giebt man dem Graben eine Weite von 32^{cm} in's Gevierte; am andern Ende b dagegen von 48^{cm}. Um Zutritt zu der Vertiefung zu gewinnen, die zum Mundloche des Ofens dient, gräbt man den Graben von b bis c nach Außen hin noch ein Stück von 65—97^{cm} in's Gevierte aus. Nachdem der Heizkanal a, b mit Steinen überwölbt worden, indem man innerhalb eine Schicht von Steinen mittlerer Größe mit den Spitzen nach unten gekehrt auf die Bodenfläche stellt, damit sie auf diese Weise kleine Zwischenräume bilden, die das Durchstreichen der Luft und das Anfügen der Steinkohle gestatten, so wirft man hierauf einige Körbe Kalksteinbrocken, welche die Fugen der ersten Lage bedecken und das Durchfallen der Steinkohle verhindern. Die Mitte dieses Steinbettes wird mit Steinkohlen in kleinen Stücken, dann mit Kohlengrieß im Ganzen 16^{cm} hoch und 1^{m}, 95 im Durchmesser beschüttet. Auf diese bildet man eine zweite Schicht von gleichem Durchmesser mit kleinen Steinen im geschlossenen Verbande und hoch gestellt, jedoch etwas geneigt, und aus der Mitte des Ofens nach dem Umfange radial geordnet. Diese Schicht beschüttet man mit Steinkohlen, wie die erste, deren Ränder darauf stoßen und verbreitet sie noch 97^{cm} weiter ringsherum.

Nachdem man abermals eine Steinlage gesetzt und ausgezwickt hat, bringt man eine dritte Kohlenschicht von 34 bis 41^{mm} Dicke darauf, welche die ganze Fläche des Ofens bedeckt und bei d, e mit der ersten und zweiten Lage communicirt. Endlich ordnet man eine folgende Stein- und Kohlenschicht, wie die letztbeschriebene und so fort, giebt ihnen in der Mitte aber stets etwas mehr Höhe, als an den Außenwänden, um dadurch eine Art von Wölbung zu bilden, der letzten wölbartigen Schicht eine Art Widerlager zu reserviren und überhaupt dem ganzen Aufbau mehr Stabilität zu geben.

Da aber die Wirkung und Lebhaftigkeit des Feuers bedeutend zunimmt, wenn die ganzen Kohlenschichten nach und nach von unten auf entzündet sind, so macht man die sechs oder sieben untern Schichten der Kalksteine oberhalb der Linie d, e nur 10 ^{cm} dick und vergrößert diese Dicke allmälig mehr und mehr, je weiter man in die Höhe kommt, wo man ihnen endlich 27 bis 32^{cm} giebt, ohne jedoch die Dicke der Kohlenschichten zu verstärken; finden sich zu diesem Maße keine so großen Steine, so legt man platte Steine zur Ergänzung der Dicke darüber. Gleichzeitig muß man besorgt sein, daß die Steine jeder

Lage etwas geneigt gestellt werden, und zwar in entgegengesetzter Richtung der zunächst niederen Lage, um ihr Zusammenschieben während des Brennens zu verhindern. Dieser Ofen erhebt sich im Ganzen mit 19 bis 20 Steinschichten und bis 4^{m}, 54 Höhe über die Erde, wobei die Durchmesser der Schichten allmälig abnehmen, so daß der obere Theil einem Kugelabschnitte gleich wird. Sobald der Aufbau so weit fertig ist, bekleidet man ihn äußerlich mit einer 54^{mm} dicken Lage von feuchtem Lehm und umbaut den ganzen Umfang mit den größten ausgesuchten Steinen von 30 bis 62^{cm} Dicke, um das Einstürzen zu verhindern, welches durch das Feuer veranlaßt werden könnte. Es ist besonders nöthig, diesen Meilerofen mit einem Graben h zum Wasserabzuge zu umgeben und an der Windseite Strohmatten aufzustellen, so lange der Ofen im Brande ist. Das Anfeuern geschieht durch kleines Holz und Reiserbündel von dem Feuerraum a, b aus, dessen Mündung, sobald das Feuer ordentlich angebrannt ist, mit Erde verschüttet wird. —

Dieser Ofen faßt 1735 Cub.-Fuß (53,6 Cub.-Met.) Steine und liefert 1163 Cub.-Fuß (35,9 Cub.-Met.) Kalk und 66 Cub.-Fuß (2 Cub.-Met.) Kalkstaub. Er verbraucht 316 Cub.-Fuß (9,77 Cub.-Met.) Kohlenklein. Sein Aufbau erfordert 8 Arbeiter auf 4 Tage oder 32 Arbeitstage, und von dem Augenblick seines Anfeuerns, bis wo man den Kalk ziehen kann, muß man 5—6 Tage verstreichen lassen. Solche Meilerbrände sind jedoch nur da rathsam, wo Steinkohlen außergewöhnlich billig zu haben sind, wie z. B. in der Nähe von Steinkohlengruben.

An andern Orten setzt man die Meileröfen in kegelförmige Haufen, die an der Basis 5^{m}, an der Spitze 3^{m} Durchmesser haben. —

§. 35. Das Anheizen der Kalkfeldbrände geschieht mittelst Reiserbündel und kleinem trocknen Holze in den Heizkanälen und ist so lange fortzusetzen bis die Kohlen in allen untern Theilen des Ofens in Brand gekommen sind. Von dieser Zeit ab, bis das Feuer in die mittleren Theile des Ofens gedrungen ist, bedarf der Feldbrand keiner besondern Aufsicht. Sobald das Feuer über die Mitte des Ofens hinaus in die Höhe gestiegen, ist darauf zu achten, ob dasselbe etwa nach der dem Winde abgewandten Seite sich stärker verbreitet. In diesem Falle muß durch wiederholtes Zuschmieren der durch Trockenheit entstandenen Risse und Fugen im Lehmanwurfe und durch Schutzwände von Strohmatten oder eines Bretterverschlages der Wind vom Ofen möglichst abgehalten werden. Wird hierauf in

dieser wichtigsten Periode des Kalkfeldbrandes nicht gehörig geachtet, so entsteht entweder die Gefahr, daß der Kalk im Feldofen nach der dem Winde abgekehrten Seite verbrennt und an der entgegengesetzten Seite ungar bleibt, oder daß der Ofen und zwar nach jener Seite einstürzt, wenn er nicht sorgfältig gestützt wird. Letzteres Mittel, den Ofen in diesem Zustande durch Stützen zu halten, gelingt aber selten genügend, und dann ist der Kalkfeldbrand großentheils mißrathen. Es kostet alsdann viel Arbeit, die zum Theil ganz rohen oder halbgaren Kalksteine aus dem Ofen zu räumen, um selbige zu einem neuen Feldbrande mit zweifelhaftem Erfolge wieder zu verwenden. Bei Verwendung halbgarer Kalksteine zum Feldbrande ist besondere Vorsicht anzuempfehlen und dieselben stets nur in der Mitte und in den obern Theilen einzusetzen, denn mehr nach Außen und unten im Ofen wird durch das Nachlöschen der ungaren Kalksteine vermittelst der beim Heizen sich bildenden Wasserdämpfe, die Haltbarkeit des Ofens gefährdet. Hat das Feuer die Höhe des Ofens erreicht, so werden die Stellen, wo die Gluth sich zeigt, mit einer dünnen Erdschicht bedeckt, bis sich dieselbe über die ganze Oberfläche ausgebreitet hat.

Ist ein Brand gut gerathen, so muß der Kalkstein im Ofen bis auf den äußern Mantel und die den Boden bedeckende Kalkstein-Schicht vollständig gar gebrannt sein. Das Ausräumen des Kalk-Feldofens geschieht nach völliger Abkühlung, aber nur bei gutem Wetter, niemals in der Regenzeit um das Löschen des Kalkes zu verhindern. Die im äußern Mantel des Feldofens sitzenden, nicht gar gebrannten Kalksteine sind an der Luft gehörig abzulöschen und werden dann wieder in der oben angegebenen Weise zum neuen Feldbrande benutzt. —

Aus Vorstehendem erhellt, daß alle diese und ähnliche Arten des Kalkbrennens sehr mangelhaft und wegen des bedeutenden Bedarfs an Brennmaterial unvortheilhaft sind. Man soll daher nur in Nothfällen, oder bei vorübergehendem Bedarfe, endlich da wo das Brennmaterial äußerst billig ist, zur Anlage eines solch' rohen Betriebes schreiten. Am vortheilhaftesten geschieht das Kalkbrennen in gemauerten Kalköfen.

VI.

Vom Brennen des Kalkes in gemauerten Oefen im Allgemeinen.

§. 36. Da wo ein bedeutender Verbrauch von gebranntem Kalk vorhanden und ein regelmäßiger Absatz zu erwarten ist, sowie wo es sich darum handelt, die möglichst größte Kalkmenge zu erlangen und dabei an Arbeit, Zeit und Brennmaterial zu sparen, müssen zweckmäßig construirte und solid gebaute Brennöfen angelegt werden.

Man kann die Kalköfen in 4 verschiedene Klassen eintheilen:

A. solche Oefen mit unterbrochener Feuerung, bei welcher die ganze Ladung auf einmal ausgezogen wird. Diese Oefen lassen wiederum 2 Unterabtheilungen zu:
   a. Periodische Oefen mit kleiner Flamme.
   b. Periodische Oefen mit großer Flamme.

B. solche Oefen mit ununterbrochener Feuerung, bei welcher der gebrannte Kalk unten ausgezogen und zugleich roher Kalkstein oben aufgegeben wird. Auch diese haben 2 Unterabtheilungen:
   a. Continuirliche Oefen mit großer Flamme.
   b. Continuirliche Oefen mit kleiner Flamme.

C. Kalköfen, bei denen man den Ueberfluß der Hitze noch zu andern Operationen benutzt, oder die zugleich zum Kalkbrennen und irgend einem andern Gebrauche dienen, wie z. B. zum Ziegel- und Backsteinbrennen. (Diese Oefen werden wir später bei der Ziegel- und Backsteinfabrikation näher kennen lernen.)

D. Oefen, die zum Brennen des Kalks mittelst der Hitze angewandt werden, die nach der Benutzung bei andern Operationen verloren gehen würde. —

Bevor wir zur Beschreibung der einzelnen Kalköfen übergehen, lassen wir hier noch einige allgemeine Regeln, die beim Bau der Kalköfen zu beobachten sind, folgen:

§. 37. Für alle Oefen ist der Kreis die beste Form für den horizontalen Querschnitt, sowohl für die Oekonomie des Brennmaterials als für die Festigkeit des Ofens; wenn dessenungeachtet viele Kalköfen noch mit rechteckigem Querschnitt ausgeführt werden, so hat dieses seinen Grund in der leichteren Ausführung derselben oder weil später noch ein zweiter Ofen damit in Verbindung gebracht werden soll.

Das Material, aus welchem die Kalköfen erbaut werden, muß derart beschaffen sein, daß es in der stärksten Hitze keine Risse erhält. Wenn feuerfeste Steine überall billig zu haben wären, so würden diese allen andern vorzuziehen sein, da sie aber im Allgemeinen zu kostspielig sind, so werden sie gewöhnlich nur zum Ausfüttern des Ofenschachtes, der Auszieh- und Schürlöcher verwendet. — Bei Verwendung von Bruchsteinen hat man zuvor sich zu vergewissern, daß sie weder mürbe werden, noch verglasen, oder springen, noch auch die Feuchtigkeit anziehen. Bei solchen Eigenschaften sind sie zu diesem Zwecke durchaus unbrauchbar.

Es ist zweckmäßig, die innern Futtermauern von dem äußern Kernmauerwerke durch eine Isolirschicht von Lehm oder Asche zu trennen; eine solche Isolirschicht bietet den Vortheil, daß die Futtermauer sich ausdehnen kann und hält weiter auch als schlechter Wärmeleiter die Hitze zusammen.

Die Form der Oefen ist sehr verschieden; da bei der Construtión der Kalköfen das Hauptaugenmerk darauf zu richten ist, der Kohlensäure einen recht freien Abzug zu gestatten, so darf der mit den rohen Steinen erfüllte Raum nicht zu hoch gemacht werden, damit der Ofen gut ventilirt. Bei Trichteröfen, wobei der Kalkstein in abwechselnden Lagen in unmittelbarer Berührung mit dem Brennmaterial gebracht wird, nimmt man gewöhnlich die Höhe gleich der 1 ½ fachen Weite an der obern Mündung; und bei Schachtöfen ist die Höhe im Maximum 4—5 mal des größten lichten Durchmessers in der Höhe der Heizöffnungen anzunehmen. Bei letztern Oefen muß, um eine mehr gleiche Temperatur durch die ganze Masse des zu brennenden Kalksteins hervorzubringen, der horizontale Querschnitt des Ofens von dem Punkt wo die Flamme brennt, bis zur Gicht (obere Mündung) gleichmäßig abnehmen. Zu stark darf diese Verengung nach oben nicht sein, um den Zug nicht zu hemmen und die Capacität des Ofens nicht zu sehr zu beschränken; und in keinem Falle sollte die obere Mündung des Ofens weniger als drei Viertel des größten Querschnittes betragen.

Die inneren Futtermauern müssen immer mit fettem Lehm als Mörtel gemauert werden. Das übrige Mauerwerk kann man aus Sand-Bruch- oder Backsteinen ausführen. Die Mauern des Ofens müssen dick genug sein, um die Hitze zusammenzuhalten. Die Stärke der Mauern muß sich nach der Art des Baues richten, besonders nach der Totalhöhe des Ofens. Es ist aber anzurathen, darin keine allzu großen Ersparnisse suchen zu wollen. Durchschnittlich macht

man die Mauern 4—6′ (1^m, 2—1^m, 9) stark. Erlaubt es die Localität, so baut man die Oefen in einen Bergabhang und ist dies das sicherste Mittel, einestheils die Mauern zu verstärken und anderntheils die Abkühlung, welche immer von der den Ofen umgebenden Luft herbeigeführt wird, zu verhindern. Da die Hitze einen Ofen, namentlich wenn er frei steht, leicht auseinander treiben kann, so umgiebt man ihn, wenn seine Umfassungsmauer rund ist, mit eisernen Reifen, oder man muß das Mauerwerk durch eingelegte eiserne Schlaudern (Anker) zusammenhalten.

§. 38. Von großem Einfluß auf den Gang des Kalkbrennens ist die Witterung; es ist daher zweckmäßig, den Ofen mit einem Vorbau (Schauer) mit Klappläden, Thüren oder festen Wänden zum Abhalten des Windes, Regens ꝛc. zu versehen. Hierdurch wird ein überbauter Platz für das Brennmaterial, ein Lagerplatz für gebrannten Kalk und Schutz für den Brenner gewonnen. Außerdem gewährt ein überbauter Schürraum noch den großen Vortheil, daß directe Windstöße von dem Roste abgehalten werden, da durch letztern sämmtliche zur Verbrennung erforderliche Luft einströmen muß, der Verlauf des Brandes mithin um so regelrechter erfolgen kann. Zum Brennen des Kalkes sind durchschnittlich 48 bis 72 Stunden erforderlich und ist es hauptsächlich Aufgabe des Brenners, genau zu beobachten, welche Hitzegrade und wie lange dieselben der betreffende Kalkstein verlangt, denn die weichere oder härtere Beschaffenheit der Kalksteine, die Güte des Brennmaterials, die Form des Ofens, die Anlage der Feuerung bedingen die Dauer des Brennprocesses.

§. 39. Ueber die Einrichtungen der Feuerungen unter Berücksichtigung der verschiedenen Brennstoffe ist Folgendes zu bemerken.

Der Feuerheerd besteht aus dem Roste, auf welchen man das Brennmaterial legt, aus einem Raume, in welchem sich die Flamme entwickelt und der den eigentlichen Heerd bildet, aus der Oeffnung, durch welche die Luft eintritt, und aus einem Raume, in welchem sich die Asche ansammelt (Aschenfall).

Die Roste bestehen aus parallel neben einander liegenden Stäben; ihre Dicke und ihre Entfernung von einander hängen von der Wahl des Brennmateriales ab. Vom Roste aus verbreitet sich die Wärme und es entsteht der Luftzug, durch die bei dem Verbrennen mit dem glühenden Brennstoffe in Berührung stehende Luft, welche letztere sich hierbei durch die Wärme ausdehnt, und nachdem sie ihren Sauerstoff abgegeben, mit den Verbrennungsproducten entweicht, wobei

die kalte Luft durch den Rost in dem Maaße nachströmt, in welchem erstere fortzieht.

Beim Einwerfen von Brennmaterial gelangt durch die offene Feuerthür Luft über den Rost, wodurch Temperaturschwankungen entstehen, die für den Ofenbetrieb nachtheilig werden können; es ist daher zu empfehlen, das Schürloch stets nur möglichst kurze Zeit offen zu lassen.

Dem Roste muß eine entsprechende Ausdehnung gegeben werden, damit der Brennstoff in nicht zu dichten Schichten auf dem Roste lagert, die Luft durch den Rost besser eintreten und die Verbrennung vollkommen stattfinden könne.

Für Steinkohlenfeuerung soll die Summe der Rostspalten $^1/_4$, für Holz und Torf dagegen nur $^1/_5$ bis $^1/_7$ der ganzen Rostoberfläche betragen. Die Rostspalten müssen so groß sein, daß sie die Asche zwar bequem, indessen nicht so groß, daß sie unverbrannte Kohlen hindurchfallen lassen; für gute Steinkohlen dürfen sie höchstens 13^{mm} breit sein, für Steinkohlengries oder solche unreine Kohlen, welche viel Schlacken erzeugen, beträgt der geringste Zwischenraum, welchen man mit Vortheil nehmen kann, $9^{mm.}$ Da die Roststäbe $^3/_4$ der ganzen Oberfläche einnehmen, so sind bei 13^{mm} starken Rostspalten die Roststäbe 39^{mm} und bei 9^{mm} starken Spalten 27^{mm} breit zu machen. Die Länge der Roststäbe muß der Breite entsprechen, sie können hier 1^m bis 1^m, 40 lang gemacht werden.

Bei Holzfeuerung sind 20^{mm} breite Stäbe bei höchstens 5^{mm} Rostspalte anzuwenden, denn zum Verbrennen von Holz ist weniger Luft erforderlich, als beispielsweise zur Verbrennung von Steinkohlen weil sich die Oeffnungen nicht verstopfen. Früher hat man Kalköfen, die mit Holz geheizt wurden, gewöhnlich ohne Rost ausgeführt, in der Meinung, daß zwischen den Holzstücken Platz genug für die zum Verbrennen erforderliche Luft sei; neuere Erfahrungen haben jedoch gelehrt, daß auch für Holzfeuerung ein Rost sehr zweckmäßig ist, in Folge dessen jetzt sehr selten Kalköfen ohne Rost angelegt werden.

Für Braunkohlenfeuerung, welche gewöhnlich viel Asche und Schlacken erzeugt, empfiehlt es sich, den Stäben ein Breite von 20 bis 26^{mm} und den Rostspalten einen Zwischenraum von 9 bis 11^{mm} zu geben. Je näher die Braunkohle dem Holze steht, desto mehr muß der Rost dem bei der Holzfeuerung ähnlich construirt werden. Bei erdigen, klaren, nicht geformten Braunkohlen giebt man den Rosten 13^{mm} breite Stäbe bei 3^{mm} Rostspalte. —

Bei Torffeuerung sind 30 bis 40^{mm} breite Stäbe und bei großem

Aschengehalt auch breite Rostspalten zu geben. Im Allgemeinen ist es für alle Feuerungen gerathener, möglichst schmale Roststäbe anzuwenden, um den Brennstoff an möglichst vielen Stellen mit der Luft in Berührung zu bringen.

Die Roste für Torf- und Holzfeuerung werden häufig aus Backsteinen hergestellt, während die für Steinkohlen- und Braunkohlenfeuerung aus Gußeisen bestehen; bei letzteren ist darauf zu halten, daß die oberen Flächen der Stäbe möglichst rein, namentlich frei von Blasen seien, weil sonst die Kohlen leicht anbacken und die Stäbe anfressen. —

Die gußeisernen Roststäbe sind in der Mitte höher als an den Enden herzustellen, damit sie dem Durchbrechen besser widerstehen können. Ihre Dicke vermindert sich von oben nach unten, um das Durchfallen der Schlacken und Asche, sowie die Reinigung des Rostes und den Zutritt der Luft zu erleichtern. Die Roststäbe sind an den beiden Enden und bei großer Länge auch in der Mitte, seitlich mit Verstärkungen versehen, welche halb so breit sind, als der Zwischenraum zwischen den einzelnen Stäben beträgt. An ihren Enden ruhen die Roststäbe auf guß- oder schmiedeeisernen Unterlagen (Rostbalken), die in das Mauerwerk eingelassen sind. Die Roststäbe müssen in der Länge zwischen den Rostbalken hinlänglichen Spielraum haben, damit sie sich frei ausdehnen können; für diesen Spielraum rechnet man ca. $1/2$ der Länge der Stäbe. Es ist zu empfehlen, den Rosten nach dem Innern des Ofens auf den laufenden Meter 4^{cm} Fall zu geben, damit besser geschürt werden könne. Die Dauer der Stäbe hängt viel von dem Heizer, namentlich davon ab, daß derselbe den Rost rein und die Rostspalten offen hält. —

Bei der Verschiedenheit der Brennmaterialien und Größe der Stücke läßt sich über die Größe der Rostfläche und die Stärke der Brennmaterialschicht etwas Bestimmtes nicht gut aufstellen. Im Allgemeinen richtet sich dieselbe theils nach der in einem bestimmten Zeitraum zu erzeugenden Wärme, theils nach der Beschaffenheit des Brennmaterials. Ist der Brennstoff griesartig, so muß verhältnißmäßig die Rostfläche größer genommen werden, weil dann die Brennmaterialschicht, um den Luftzug nicht zu verhindern, dünner sein muß, als bei Stückkohlen. Die Dicke der Brennmaterialschicht darf jedoch keine zu geringe sein, weil dann ein Theil der Luft durch den Rost strömt, und sich der Verbrennung entzieht, ferner weil alsdann in zu kurzen Zwischenpausen geschürt werden muß. Ist dagegen die Brennmaterialschicht zu stark, so kann die Luft nicht genügend ein-

bringen. Es entsteht dann eine unvollkommene Verbrennung, indem sich sehr viel Kohlenoxyd und brennbare Gase bilden.

Der Raum über dem Rost muß eine hinreichende Ausdehnung zur Aufnahme des Brennmaterials, sowie zur Entwickelung der Flamme bieten. Ist der zu erhitzende Körper vom Roste zu entfernt, so empfängt er zu wenig strahlende Wärme, ist er demselben zu nahe, so kühlt er die Flamme zu stark ab. Ist der Raum zwischen dem Roste und dem zu erhitzenden Körper ausreichend zur Verbrennung der Gase, und die feuerberührte Fläche groß genug, so daß sich die Gase genügend abkühlen können, so wird die größere Entfernung keine Verminderung des absoluten Heizeffectes hervorbringen. — Ist hingegen die Heizfläche nicht groß genug, so entstehen Wärmeverluste, weil die Gase nicht Gelegenheit haben, ihre Wärme abzugeben.

§. 40. Der Wärmeeffect der Brennmaterialien d. h. die bei der vollständigen Verbrennung derselben entwickelte und an die zu erhitzenden Körper übertragbare Wärme, läßt sich nicht absolut, sondern nur relativ bestimmen. Die nachstehende Tabelle giebt die Heizkraft verschiedener Brennstoffe in Calorien (d. h. die Gewichtstheile Wasser um 1 Grad Celsius durch 1 Gewichtstheil Brennmaterial erwärmt) und die Luftmenge, welche zum vollkommenen Verbrennen von 1 Kilogramm eines Brennstoffes erforderlich ist, an:

Brennstoff.	Calorien.	Luftmenge von 0° Temperatur. Kilogr.
Holzkohle, vollkommen trocken .	7050	7,5
„ mit 20 % Wasser .	6000	6,3
Coke, reiner	7050	6,3
„ mit 15 % Asche	6000	6,3
Steinkohle beste mit 2 % Asche.	7050	6,5
„ mittl. „ 10 % „ .	6345	5,5
„ minder „ 20 % „ .	5932	4,5
Braunkohle, beste	5200	4,0
„ geringere	3500	—
Holz, vollkommen trocken . . .	3666	3,7
„ lufttrocken	2945	2,7
Torfkohle	5800	7,1
Bester Torf	3000—4800	6,1

Die Flammbarkeit, oder die Eigenschaft des Brennmateriales eine mehr oder weniger lange Flamme zu geben, hängt weniger von der Dichtigkeit, als von seinem Wasserstoffgehalte ab, indem derselbe mit Kohlenstoff brennende, flammende Gase giebt. Die Flammbarkeit wird durch einen starken Aschengehalt gestört.

Die Brennbarkeit oder die Leichtigkeit, mit welcher sich das Brennmaterial entzündet, vermindert sich mit seiner Dichtigkeit und steigt bei gleicher Dichtigkeit mit dem Wasserstoffgehalt. Auch der Aschengehalt vermindert die Brennbarkeit. —

Die Rauchbildung zeigt sich bei kohlenwasserstoffhaltigen Körpern, wenn sie bei unzureichendem Luftzutritte verbrennen. Einige von diesen lassen sich gar nicht entzünden, ohne eine rußende Flamme zu geben. Es ist also stets ein Mangel an Luft, wenn nicht die einzige, so doch mindestens eine nothwendige Ursache der Rauchbildung, während reiner Kohlenstoff beim Verbrennen, selbst bei ungenügendem Luftzutritte, niemals Rauch, mithin Holzkohle und Coke keinen Rauch veranlassen. So bildet sich z. B. kein Ruß wenn ein Rost mit zur Hälfte verbrannter Steinkohle bedeckt ist und daher nur noch glühende Kohle enthält. Wird dagegen frische Kohle aufgegeben, so bedeckt sich die Masse sofort mit schwarzem Rauche, welcher in die Zugkanäle tritt. Die Menge dieses Rauches nimmt allmälig ab und verschwindet schließlich, um bei erneuertem Aufgeben von Kohlen wieder zu erscheinen.

VII.

Von den periodischen Oefen (mit unterbrochener Feuerung) und kleiner Flamme.

§. 41. Bei dieser Art des Kalkbrennens werden die Kalksteine ähnlich wie bei den in §. 33 und 34 beschriebenen Feldöfen in abwechselnden Lagen in unmittelbarer Berührung mit dem Brennmaterial gebracht; die hierzu verwandten Oefen haben gewöhnlich die Form eines abgekürzten Kegels oder einer dergleichen Pyramide; letztere sind etwas einfacher herzustellen, erstere verdienen aber den Vorzug, da sie einen viel gleichmäßigeren gebrannten Kalk liefern. — Als Brennstoff wird Steinkohle, zuweilen auch Torf verwendet. Man schichtet den Brennstoff und die Kalksteine in horizontalen Lagen in

dem Ofen auf, deren Dicke sich nach ihrem Abstande von dem Feuerroste und nach der Dichtheit des Kalksteines richtet. Je dichter der Stein ist, desto mehr Dicke müssen die Lagen des Brennstoffs erhalten

Fig. 7.

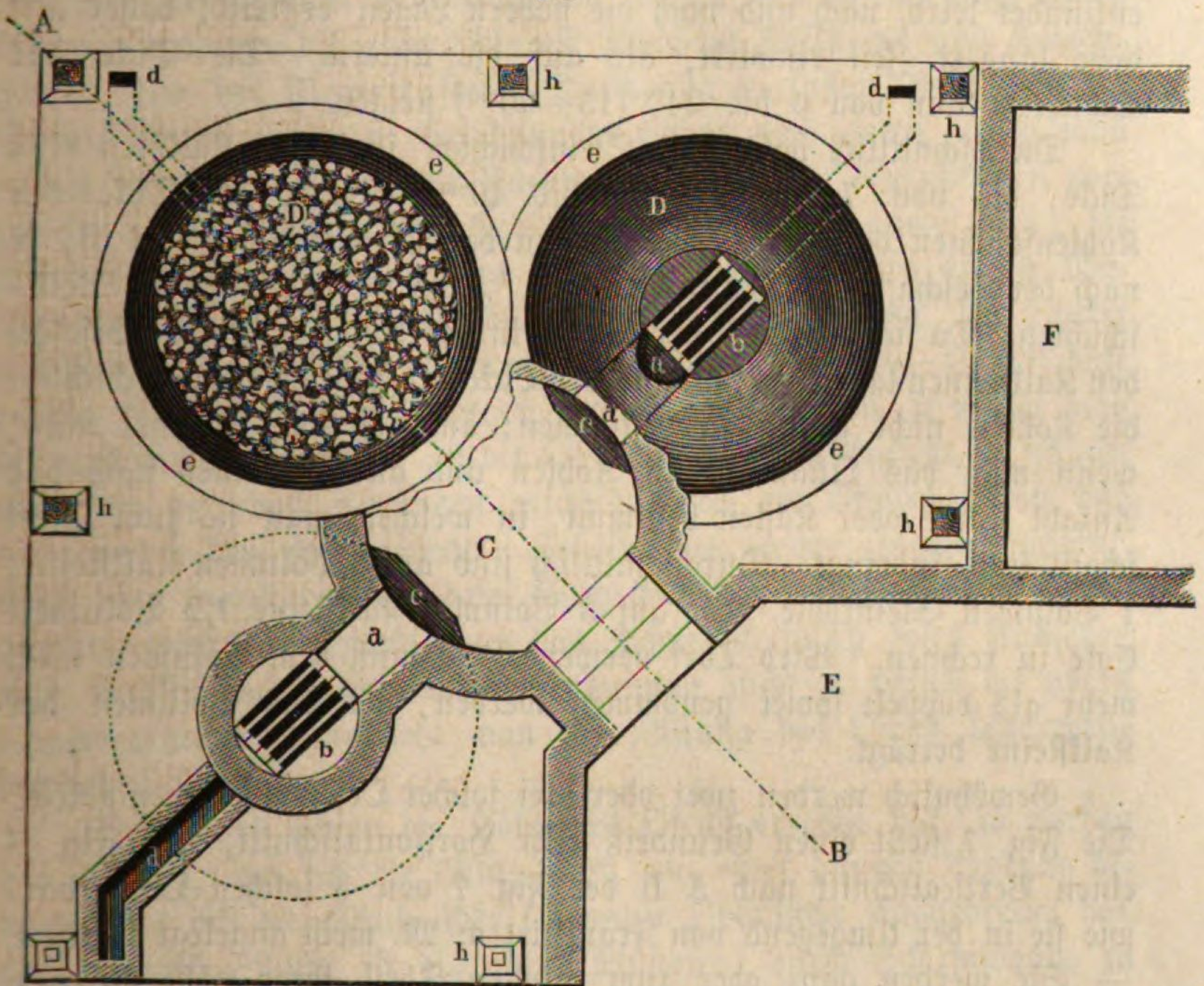
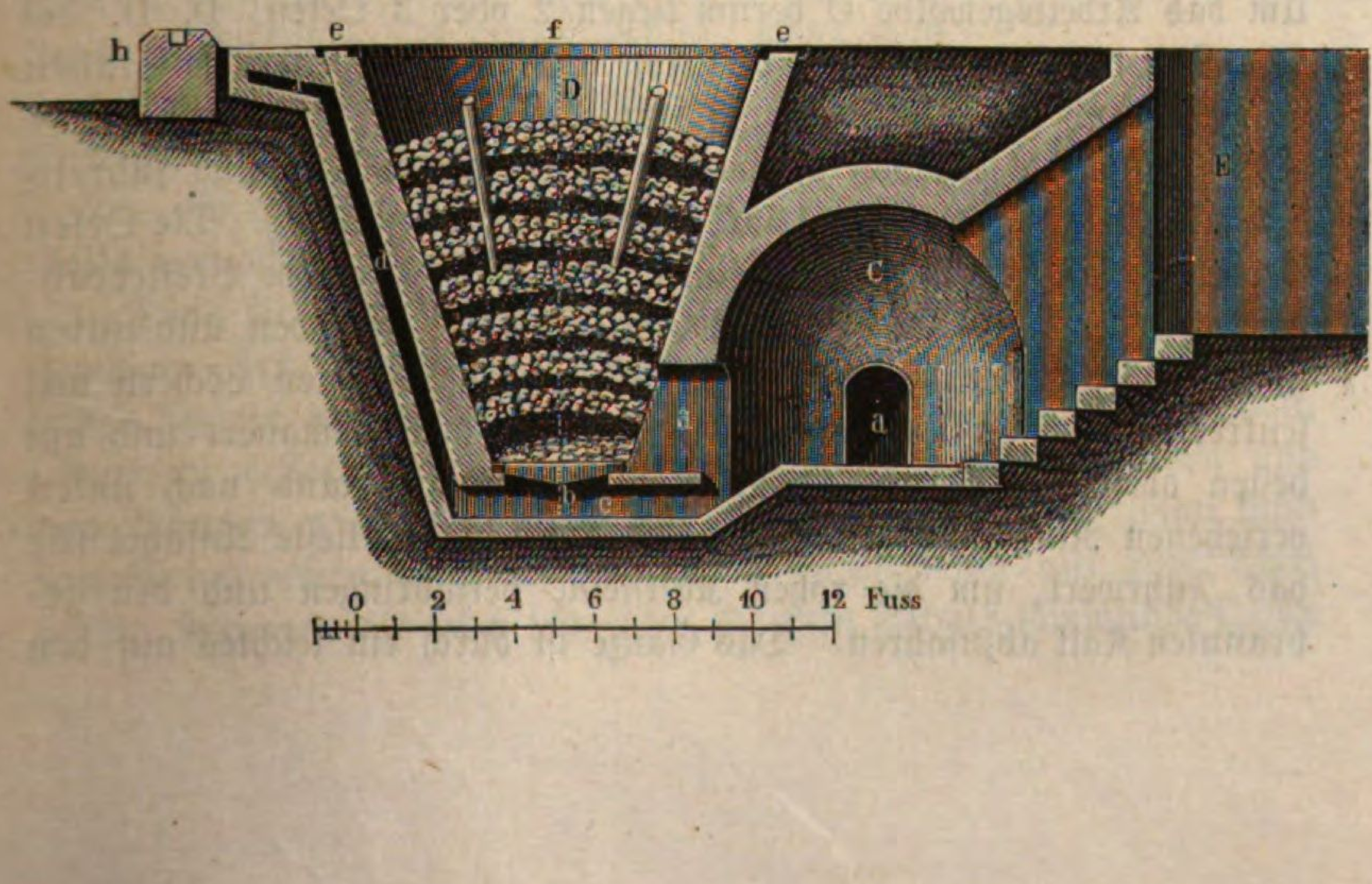


Fig. 8.



und diese muß abnehmen, je höher die Lage von dem Roste absteht. Das umgekehrte Verhältniß findet bei den Steinlagen statt: die größten Steine müssen nämlich in die Höhe des Ofens zu liegen kommen, aus dem Grunde, weil das Feuer zuerst von unten aus entzündet wird, nach und nach die höhern Lagen ergreift, daher auf diese längere Zeit einwirkt, als auf die untern. Die Dicke der Schichten kann von 6 bis 24" (15—60cm) steigen.

Durchschnittlich haben die Steinschichten in diesen Kalköfen eine Dicke, die von 7 bis 15" (18 bis 40cm) variirt, die Dicke der Kohlenschichten dagegen wechselt, wenn der Ofen richtig gesetzt ist, je nach der Beschaffenheit der Kohlen von 1/6 bis 1/3 der Dicke der Steinschichten. Da sich ein Theil der Kohlen in den leeren Räumen zwischen den Kalksteinen lagert, so sind aus der Dicke der angewendeten Schichten die Kohlen nicht genau zu bestimmen; am sichersten verfährt man, wenn man das Quantum an Kohlen und an Kalksteinen nach der Anzahl Körbe oder Käften bestimmt, in welchen man sie zum Ofen schafft und einbringt. Durchschnittlich sind auf 3 Volumen Kalksteine, 1 Volumen Steinkohle, oder auf 3 Volumen Kalksteine 1,2 Volumen Coke zu rechnen. Wird Torf verwendet, so muß dem Volumen nach mehr als doppelt soviel genommen werden, als das Volumen der Kalksteine beträgt.

Gewöhnlich werden zwei oder drei solcher Oefen zusammen gelegt. Die Fig. 7 stellt einen Grundriß resp. Horizontalschnitt, und Fig. 8 einen Verticalschnitt nach A B der Fig. 7 von 3 solchen Oefen dar, wie sie in der Umgegend von Frankfurt a. M. meist angelegt werden. — Sie werden ganz oder zum größten Theil ihrer Höhe in den Boden versenkt und bedürfen dann nur einer schwachen Futtermauer. Um das Arbeitsgewölbe C herum liegen 2 oder 3 Oefen, D, D, bei a, a sind die Schürlöcher, b der Rost aus 5—6 gußeisernen Stäben bestehend und auf eingemauerten schmiedeeisernen Platten ruhend, c der Aschenfall, d ein von diesem bis an die obere Mündung führendes mit einem 1/2 Backstein stark ausgemauerten Zugloch. Die Oefen werden 1 Backstein stark nach einer Schablone — einem Bretterrahmen von der Hälfte des Verticalschnitts e f b c, der oben und unten in (der Mitte querüber befestigten Dielen) angebrachten Löchern mit senkrechten Zapfen sich dreht — in Rollschichten gemauert und am besten oben durch einen flachen gußeisernen mit Rand nach unten versehenen Ring e, e gesichert. Bei E ist die vertiefte Anfahrt für das Fuhrwerk, um die rohen Kalksteine beizubringen und den gebrannten Kalk abzufahren. Das Ganze ist durch ein leichtes auf den

in Sandsteinpostamenten ruhenden Pfosten h, h liegendes Ziegeldach überdacht. Bei F befindet sich ein Zimmer und darüber die Schlafstelle für die Arbeiter.

§. 42. Vor dem Beginn der Füllung dieser Oefen legt man auf den Rost Reisigbündel zum Anzünden; darauf kommt eine Lage Stückkohlen, alsdann die abwechselnden Schichten Kalksteine und Kohlengries. Um der Flamme freien Durchgang zu lassen, stellt man die Steine mit den spitzern oder dünnern Enden nach unten, wobei man jedoch sorgen muß, daß die Fugen der Lagen mit Steinbrocken verzwickt werden, damit das Kohlenklein nicht nach unten falle; die dickern Kalksteine setzt man in die Mitte, die kleinern an die Umfangswände, so daß die Schichten etwas gewölbt werden. Um sicherer die Feuerzüge zu bilden, kann man mehrere 3—4″ (75—100^{mm}) dicke runde Hölzer l, l beim Einsetzen verwenden, die man, je weiter man heraufkommt, nachzieht. Ist der Ofen zur Hälfte ausgesetzt, so zündet man ihn an; das Anzünden geschieht durch ein Bündel Stroh, das man unter den Rost schiebt. Sobald das Feuer zusammenbrennt, was man vorzüglich an dem durch die Gicht aufsteigenden Rauch gewahr wird, verschließt man das Schürloch durch loses Aussetzen mit Backsteinen, damit die Verbrennung nicht zu schnell die obern Lagen ergreift; dann setzt man die Füllung des Ofens schichtweise bis oben fort.

Wenn das Feuer die Höhe des Ofens erreicht hat, so werden die Stellen, wo sich die Gluth zeigt, mit einer dünnen Erddecke bedeckt, bis sich die Gluth über die ganze Oberfläche ausgebreitet hat. Gegen starke Winde ist die obere Mündung durch Schirmwände zu verwahren, die man aus Brettern auf einige Fuß Höhe über dem Niveau aufstellt, je nach dem Drehen des Windes verändert, und beim Wiederfüllen des Ofens auf die Seite stellt.

Die zu einem Brande nöthige mittlere Zeit ist 3—4 Tage; das Entleeren des Kalks nach völliger Gare geschieht zum Theil von unten, wo er schon erkaltet ist, während oben noch die Gluth steht, theils von oben.

Diese Art periodischer Oefen mit kleiner Flamme werden im Allgemeinen den continuirlichen Oefen dieser Gattung vorgezogen und haben letztere in der Gegend von Frankfurt a. M. ganz verdrängt, indem in erstern der Kalk viel gleichmäßiger gebrannt werden und das Brennen nach dem Absatz eingerichtet werden kann. Man kann sowohl nur einen einzelnen Ofen und diesen selbst nur zum Theil gefüllt brennen, als auch für einen stärkern Betrieb sämmtliche Oefen

hintereinander beschicken, so daß während der eine brennt, der andere ausgeleert und der dritte wieder eingesetzt wird, und da ein jeder Ofen zweimal allwöchentlich circa 60 Bütten (120 Centner) gebrannten Kalk liefern kann, so kann fast jeden Tag ein Ofen ausgeleert werden; sie bieten daher fast dieselben Vortheile wie die continuirlichen Oefen, haben aber den Nachtheil, daß sie einen ungewöhnlich starken Qualm entwickeln, wodurch leicht eine Belästigung der Nachbarn eintreten kann, weshalb diese Oefen nicht in der Nähe von Wohnungen erbaut werden dürfen; außerdem wird der Kalk stets durch die Asche und Schlacke des Brennmaterials etwas verunreinigt. —

VIII.

Von den periodischen Oefen mit großer Flamme.

§. 43. An Orten wo der fortdauernde Absatz des gebrannten Kalkes kein gesicherter ist und man der Gefahr ausgesetzt ist, denselben längere Zeit aufbewahren zu müssen, empfiehlt es sich, den Kalk stets nach Bedarf in den nachfolgend beschriebenen Oefen mit unterbrochener Feuerung und großer Flamme zu brennen. Diese Oefen sind nach der Natur des Brennmaterials verschieden.

Für Holzbrand hat man früher sehr häufig Oefen von cylinderischer oder auch rechtwinkelig prismatischer Form mit ein oder mehreren Schürlöchern angewandt und sind dergleichen Oefen im Württembergischen und im Elsaß noch vielfach im Gebrauch, da aber der rechteckige Querschnitt und die senkrechten Seitenwände zum gleichmäßigen Brennen des Kalkes nicht vortheilhaft sind, sowie die weite obere Oeffnung des Ofens eine bedeutende Abkühlung durch Zutritt der äußern Luft veranlaßt, so beschreiben wir diese veralteten Constructionen nicht näher, sondern geben in Fig. 9 und 10 die Zeichnung eines neuern zweckmäßig construirten Ofens für Holzbrand, der nach den Angaben des Baumeisters Fink mehrfach in der darmstädtischen Provinz Starkenburg ausgeführt ist. Gewöhnlich wird dieser Ofen unmittelbar neben dem Kalklager so in das abhängige Terrain hineingebaut, daß die Abzugsöffnungen für den gebrannten Kalk in gleicher Höhe mit der Straße und die Gicht des Ofens in der Höhe der Sohle des Kalksteinbruchs angelegt wird.

Fig. 9. zeigt den Ofen im Verticaldurchschnitt, Fig. 10. im Horizontalschnitt durch die Abzugsöffnungen. a, a sind zwei Feuerungen, welche von der Seite A (Fig. 10.) aus mit dem Brennmaterial beschickt werden, nach welcher Seite auch der Aschenfall beider Feuerungen ausmündet, b ist der eiförmige runde Raum des Ofens, c, c die beiden Abzugsöffnungen, d ein Deckel von Eisenblech, welcher mit aufstehendem Rande versehen und in Ketten hängend zum Auf- und Niederlassen eingerichtet ist; e, e ist eine um den Ofenmantel ziehende, nicht ausgemauerte, aber mit Lehm ausgefüllte Isolirschicht, um die Ausstrahlung der Wärme nach außen zu verhindern. Die innere Bekleidung des Ofens und die Feuerkanäle sind mit feuerfesten Backsteinen, die äußern Umfassungswände aber mit gewöhnlichen Backsteinen oder schichtenmäßigem Bruchsteinmauerwerk aufzuführen. Ueber den Feuerkanälen a, a sind 25^{cm} dicke, 15^{cm} von einander abstehende Gurten f, f von feuerfesten Backsteinen gesprengt, diese oben nach den beiden schiefen Ebenen der Ofensohle ausgeglichen und dann hierauf ein Backsteinrost dadurch hergestellt, daß Backsteine auf die lange schmale Seite so aufgestellt sind, daß Oeffnungen für den Durchgang des Feuers bleiben. Bei Anwendung dieses schrägen Backsteinrostes ist es nicht mehr nöthig, aus ungebrannten größeren Kalksteinen über den Feuerkanälen Gewölbe zu setzen, sondern Kalksteine werden einfach bis etwa $^1/_3$ der Höhe in horizontalen Schichten eingelegt, wodurch diese Arbeit bedeutend erleichtert wird. Die oberen $^2/_3$ des Ofenraums werden durch Einschütten der Steine von der Gicht aus angefüllt. Acht Mann haben circa $1^1/_2$ Tag mit der Füllung des Ofens zu thun. Es werden durchschnittlich in den Ofen $1^1/_4$ bis $1^1/_3$ Cub.-Klafter (= 20,78 Cub.-Meter) Steine jedesmal eingesetzt. Bei solcher Füllung sind die Steine circa 62^{cm} aufgehäuft, nach dem Brande hat sich die Steinmasse um so viel gesetzt, daß die obere Schicht um circa 50^{cm} unter dem Gichtrand gefallen ist; die Totalsenkung beträgt also circa 1^m, 12. Jeder Brand dauert durchschnittlich 4 Tage und 4 Nächte. Wenn 3 Tage und 3 Nächte gefeuert ist, wird der Deckel d herabgelassen, jedoch nicht dicht aufgesetzt, sondern auf 4 untergelegte Backsteine gestellt und mit einer Sandlage überschüttet. Das Herabrollen des Sandes hindert der 8″ (20^{cm}) hoch aufgebogene Deckelrand. Wenn das Feuer eingestellt wird, wird der Deckel ganz niedergelassen; so bleibt der Ofen 3 bis 4 Tage stehen, bevor man denselben entleert. Das Ausziehen des Kalks geschieht durch die unteren Abzugsöffnungen c, c; 2 Mann haben mit dem Entleeren des Ofens $1^1/_2$ Tag zu thun.

Fig. 9.

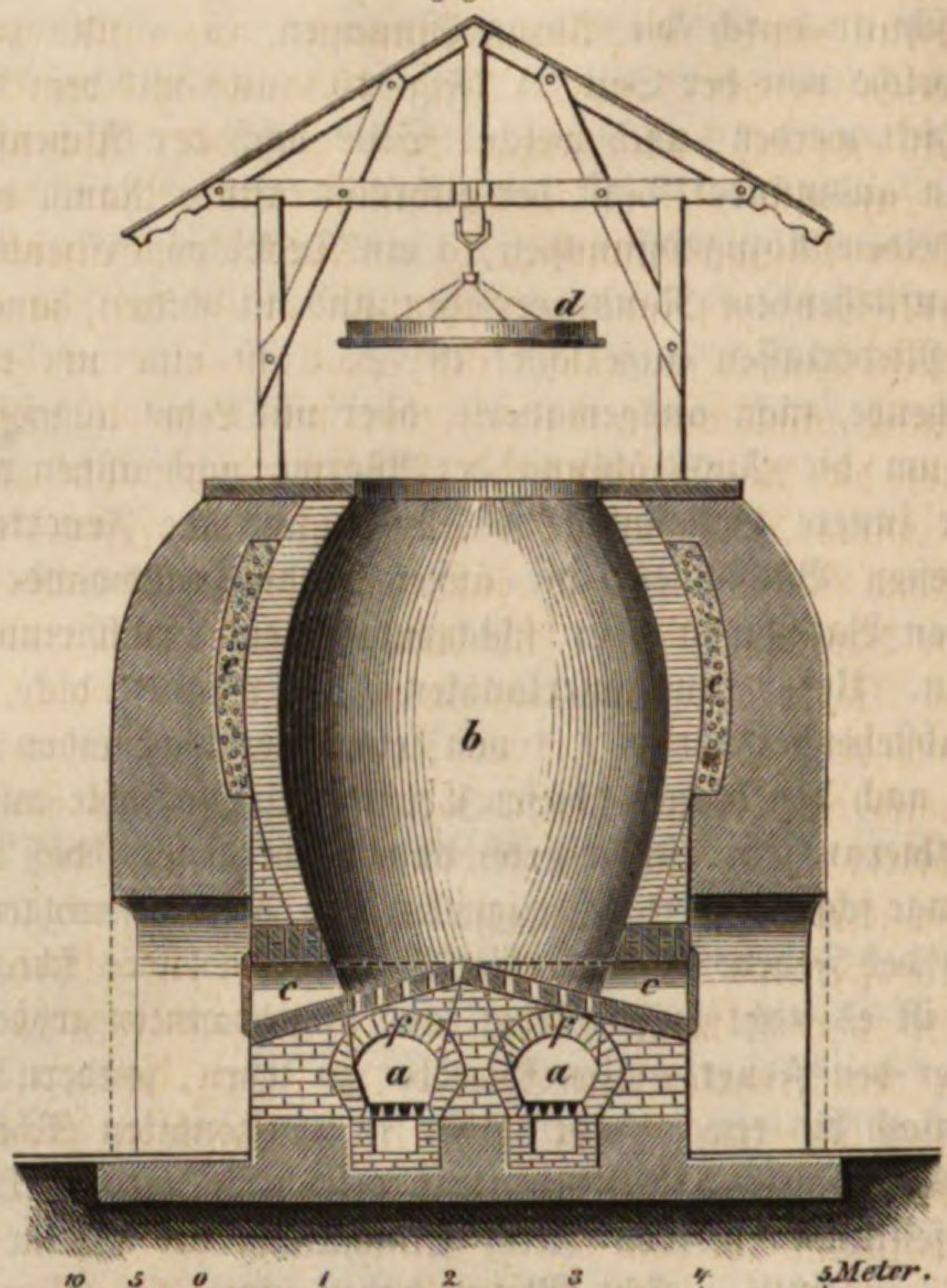
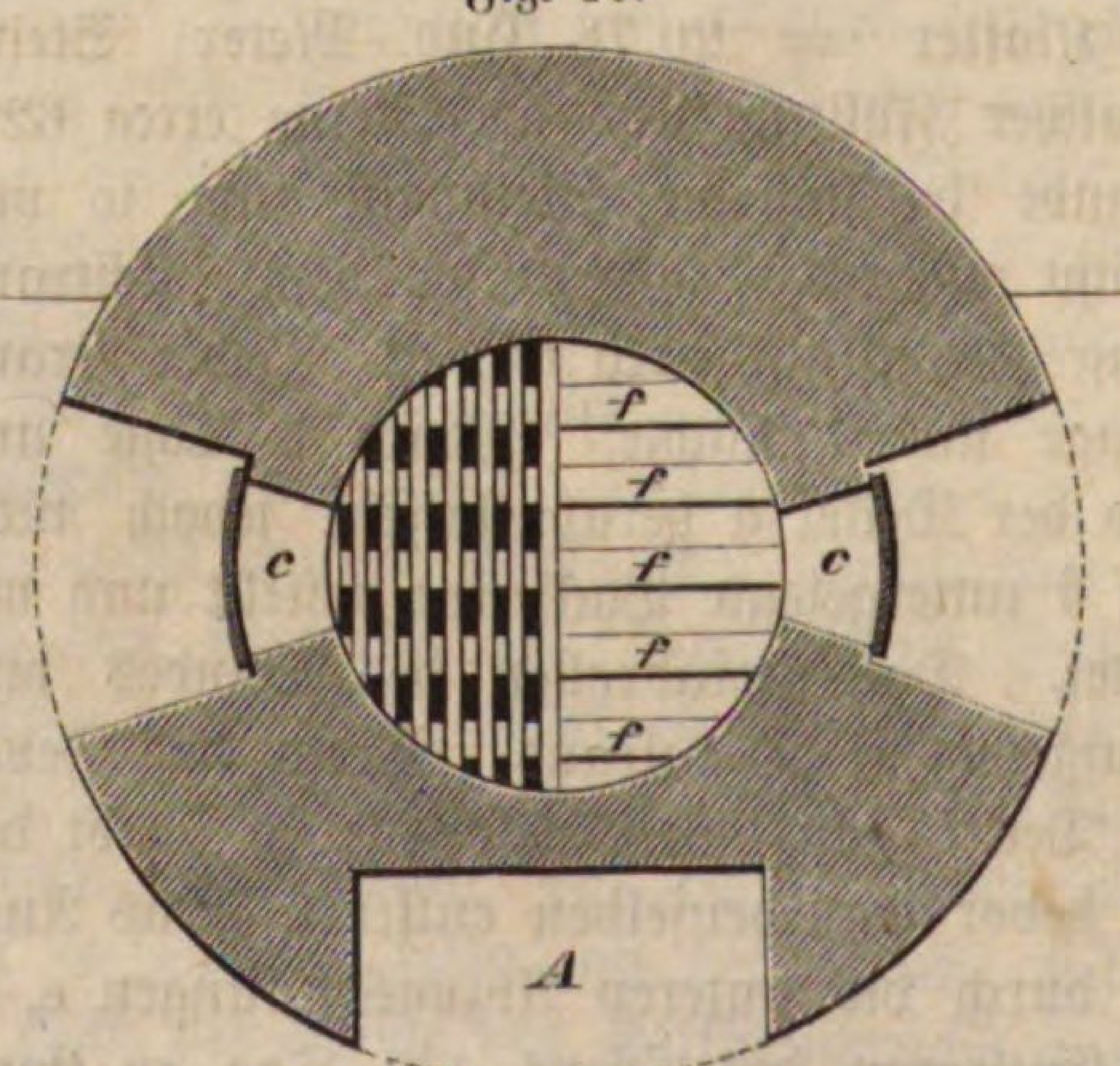


Fig. 10.



Als Brennmaterial dient die geringste Sorte von Tannen-, Birken-, Eichenreiser- und Prügelholz. Wenn Reiserholz gebrannt wird, sind 2 Mann mit der Feuerung beschäftigt; bei grobem Holze reicht 1 Mann aus. Es hat sich ergeben, daß 18 Stecken Kiefern-Scheitholz erster Klasse für 100 Bütten gebrannten Kalk ausreichen (1 Stecken = 100 C.-F.

= 1,56 Cub.=Meter). In einem Jahre finden gewöhnlich 15—17 Brände statt. Bei 15 Bränden betrug die Gesammt=Production 1602 Bütten (1 Bütte = 10 heſſ. Cub.=Fuß) gebrannten Kalk, alſo lieferte durchſchnittlich jeder Brand 106,7 Bütten; einzelne Brände ergaben bis zu 132 Bütten gebrannten Kalk. Verſuche, welche mit dieſem Ofen zum continuirlichen Betriebe gemacht wurden, ergaben nicht das günſtige Reſultat, als wenn derſelbe periodiſch geheizt wurde, weil ſeine breite Sohle das reine Abziehen des gebrannten Kalks ſchwierig machte und oft veranlaßte, daß ungebrannte Kalkſtücke von den zunächſt den Abzuglöchern gelegenen höhern Schichten ausgezogen wurden. Es iſt daher vortheilhafter, den Ofen periodiſch zu betreiben, für welche Betriebsart dieſe Conſtruction eine vorzügliche iſt. Wenn der Ofen nach dem Entleeren ſofort wieder gefüllt und angeheizt wird, zeigt ſich eine Erſparniß von 2—3 Stecken Holz gegen das erforderliche Holzquantum zum Brande, wenn die Mauern vollſtändig erkaltet ſind.

§. 44. Für **Torfheizung** wurde ein ſehr guter Ofen von **Deplinne** und **Donop** conſtruirt, welche den von der Société d'Encouragement ausgeſetzten Preis dafür erhielten. Derſelbe iſt in Fig. 11. einem Verticalſchnitt nach C—D und in Fig. 12. einem Horizontalſchnitt nach A—B dargeſtellt.

Fig 11.

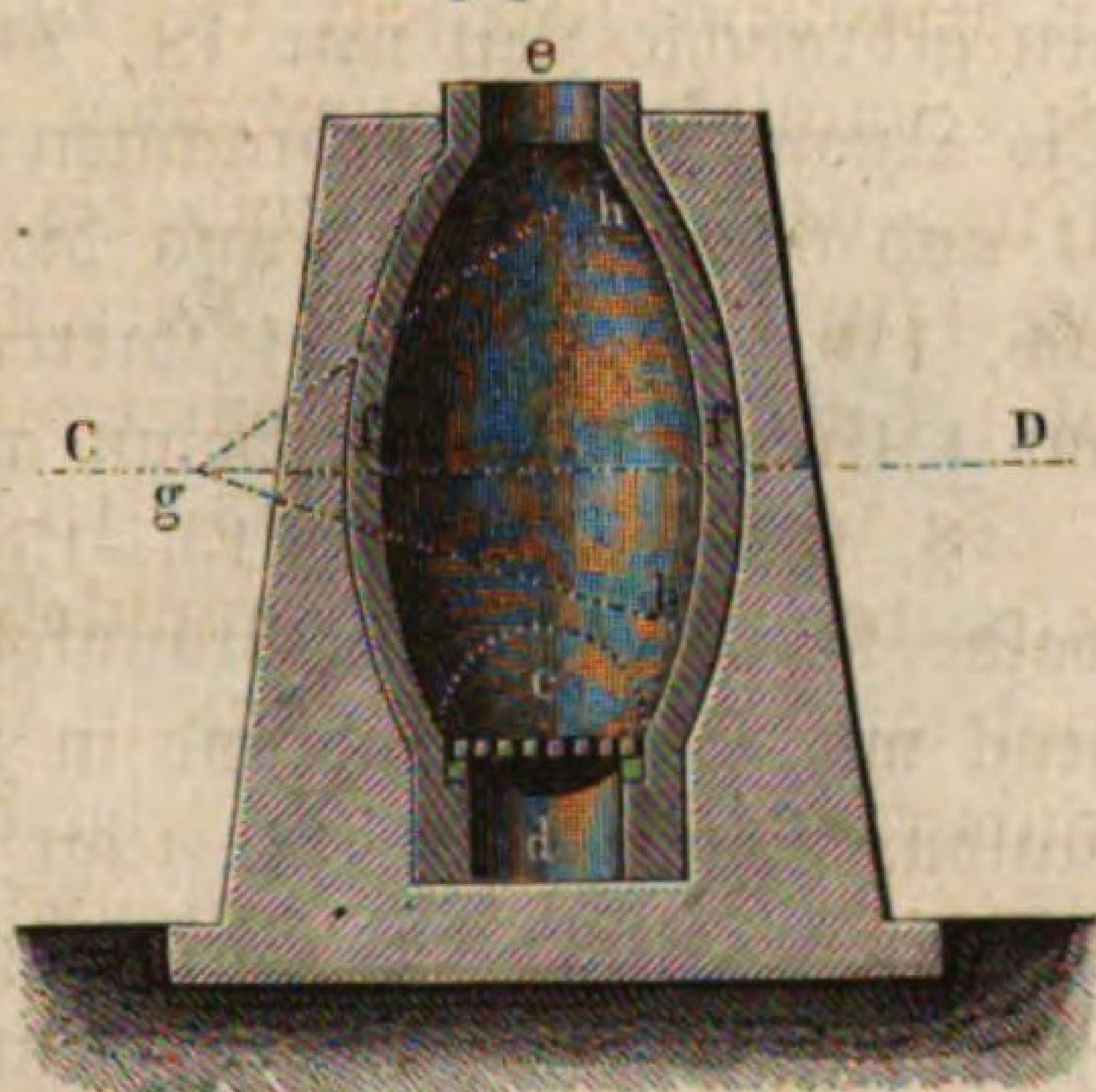
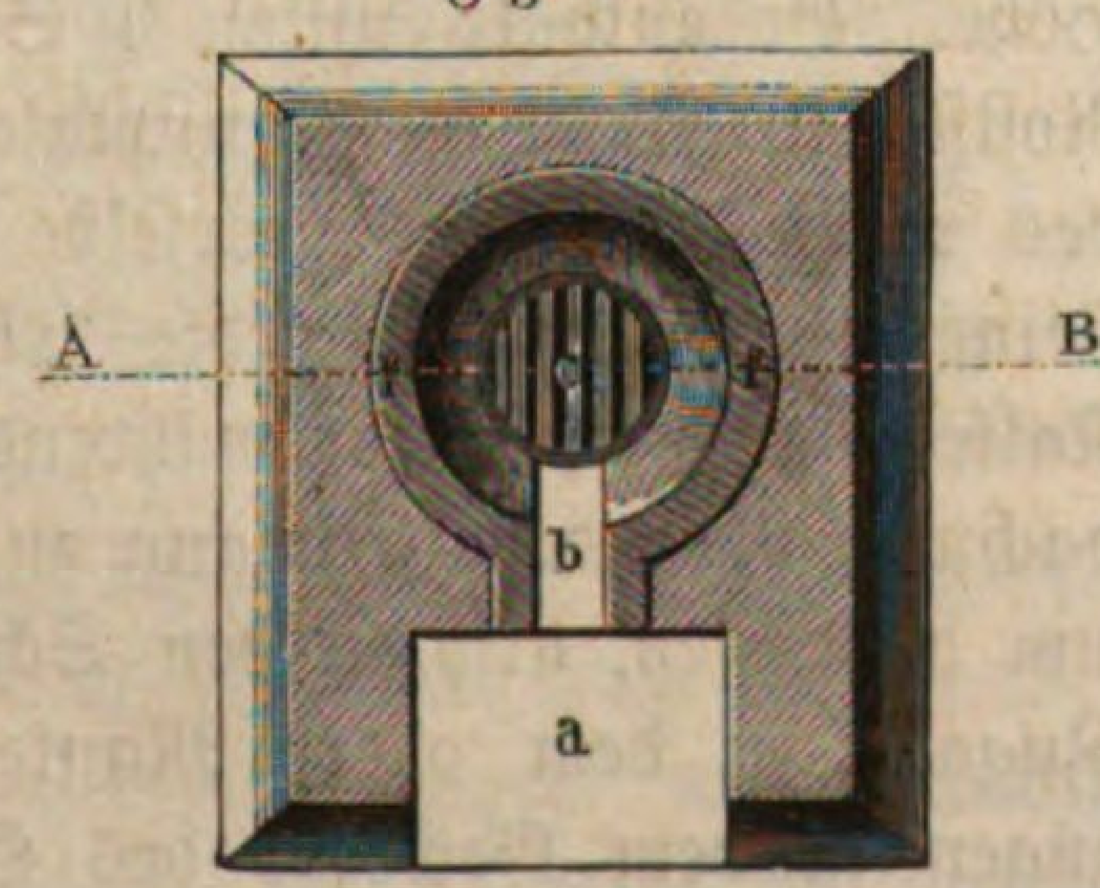


Fig. 21.



a iſt eine Niſche in dem Vordertheil des Ofens, b das Schürloch, wodurch das Brennmaterial eingeführt wird, c der Roſt, aus einzelnen auf der ſchmalen Seite liegenden Stäben, die in Einſchnitten eines kreisförmigen Rahmens eingefugt und durch einen in das Mauerwerk eingelaſſenen Querſtab in der Mitte unterſtützt werden; die Roſtſtäbe müſſen in der Richtung des Heizkanals liegen; indem, wenn ſie quer lägen, man mit der Gabel, oder Schaufel, zum Nachſchüren oft anſtoßen und den Torf zerbröckeln würde, d iſt der Aſchenfall, e die Gichtöffnung, durch welche die Steine eingebracht werden,

f, f die innere Backsteinbekleidung des Schachtes, die leicht, unbeschadet der übrigen Ofenmauerung, wenn sie schadhaft geworden, ausgebrochen und erneuert werden kann; g, h sind Radien der Curve von den Wänden über den geraden Fußenden. —

Dieser Ofen ist auch ebenso gut für Steinkohlen- und Braunkohlen-Heizung zu verwenden. Die Herren Deblinne und Donop empfehlen folgende Dimensionen:

Höhe des ganzen Ofens	= 5m, 658
Höhe von dem Rost bis zu der obern Mündung . .	= 4m, 357
Höhe von dem Rost über dem Aschenfall	= 0m, 813
Höhe der Gicht.	= 0m, 488
Durchmesser der größten Weite	= 2m, 356
Durchmesser des Rostes oder Herdes	= 1m, 500
Durchmesser der Gicht	= 0m, 813
Radius g, h der Curve	= 3m, 575

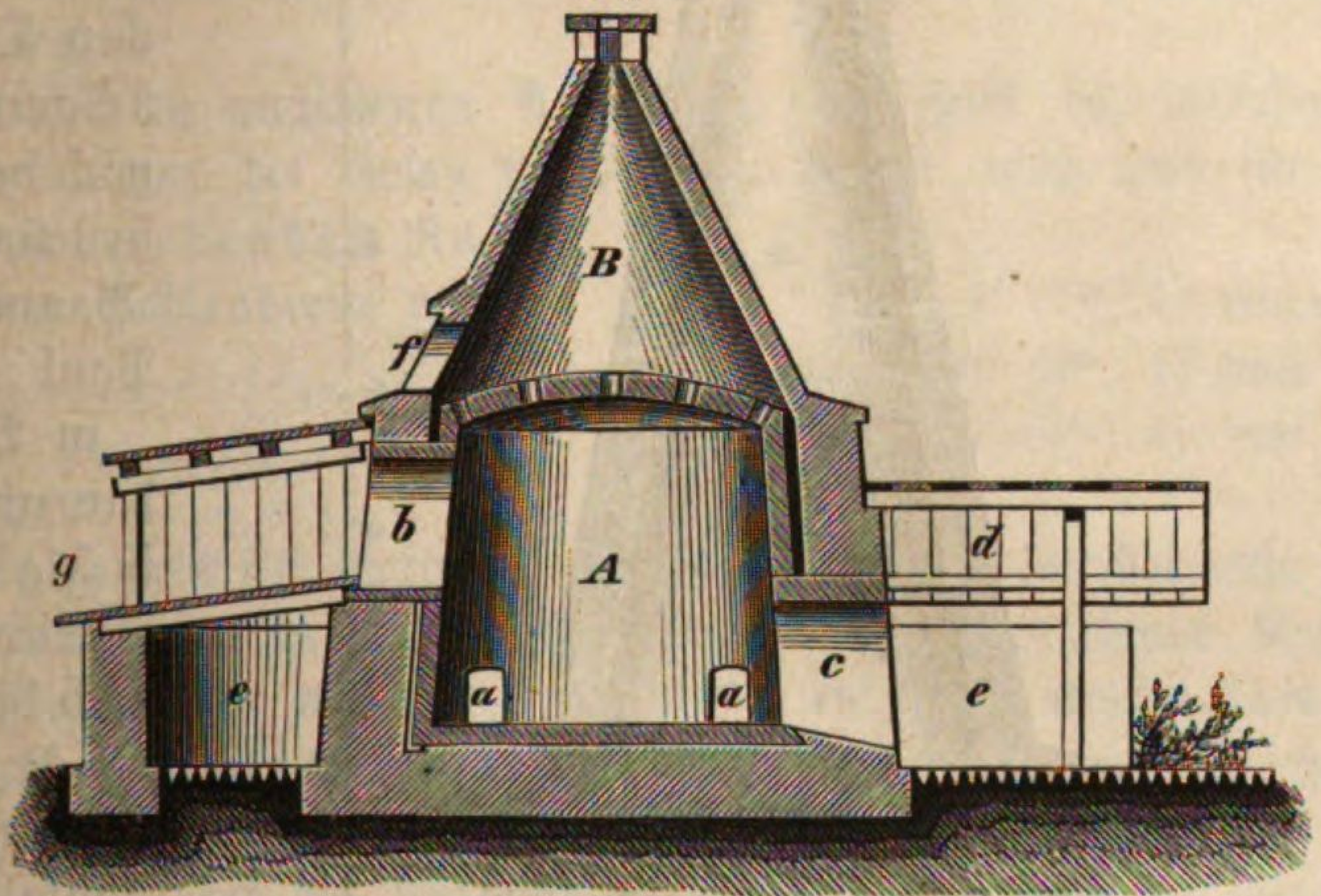
Die mit diesem Ofen zu Essone (Departement Seine und Oise) gemachten Versuche ergaben folgende Resultate. Die zum Garbrennen gebrauchte Zeit war 18, 20, 28, 36, 30, 28 und 26 Stunden. Die Quantität des gebrannten Kalks betrug 60, 64, 64, 60, 60, 61 und 64 Cubikmeter und die des verbrauchten Torfes 101, 100, 106, 110, 115, 130, 121 Karren, im Mittel 1,946 Cubikmeter Torf auf 1 Cubikmeter Kalkgewinn aus harten Steinen.

§. 45. Der in Fig. 13—15 dargestellte Kalkofen ist in Fürstenwalde bei Berlin mit Braunkohlenheizung und zu Velpe bei Osnabrück mit Steinkohlenbrand in Anwendung*). Fig. 13. ist ein Verticaldurchschnitt, Fig. 14. zeigt den untern Theil des mit Kalkstein beschickten Ofens im Horizontal- und Fig. 15. im Verticalschnitt. Zum Brennen des Kalkes dient der untere, oben überwölbte Raum A von 11½', (3m, oben 10' 61) (3m, 14) Durchmesser und 11' (3m, 45) Höhe. Er enthält unten 4 Schürlöcher a, a, a, a mit gußeisernen Roststäben für das Brennmaterial; b den Zugang zum Einbringen des rohen Kalksteins; derselbe wird während des Brennens mit Backsteinen zugemauert; c die Thüre zum Ausfahren des gebrannten Kalkes; auch sie bleibt während des Brandes vermauert; d eine Bedachung über dem Eingang zu dem bedachten kreisförmigen Raum e um den Ofen, also zu den Schürlöchern und der Thüre c. f ist ein Zugang zu dem obern Mantel B über dem Ofen und zu den Abzügen in dem Gewölbe des Ofens. Dieser Zugang ist nöthig, um

*) Nach Prof. Heeren, in Mitth. d. Hannov. Gewerbevereins. 1858, S. 317.

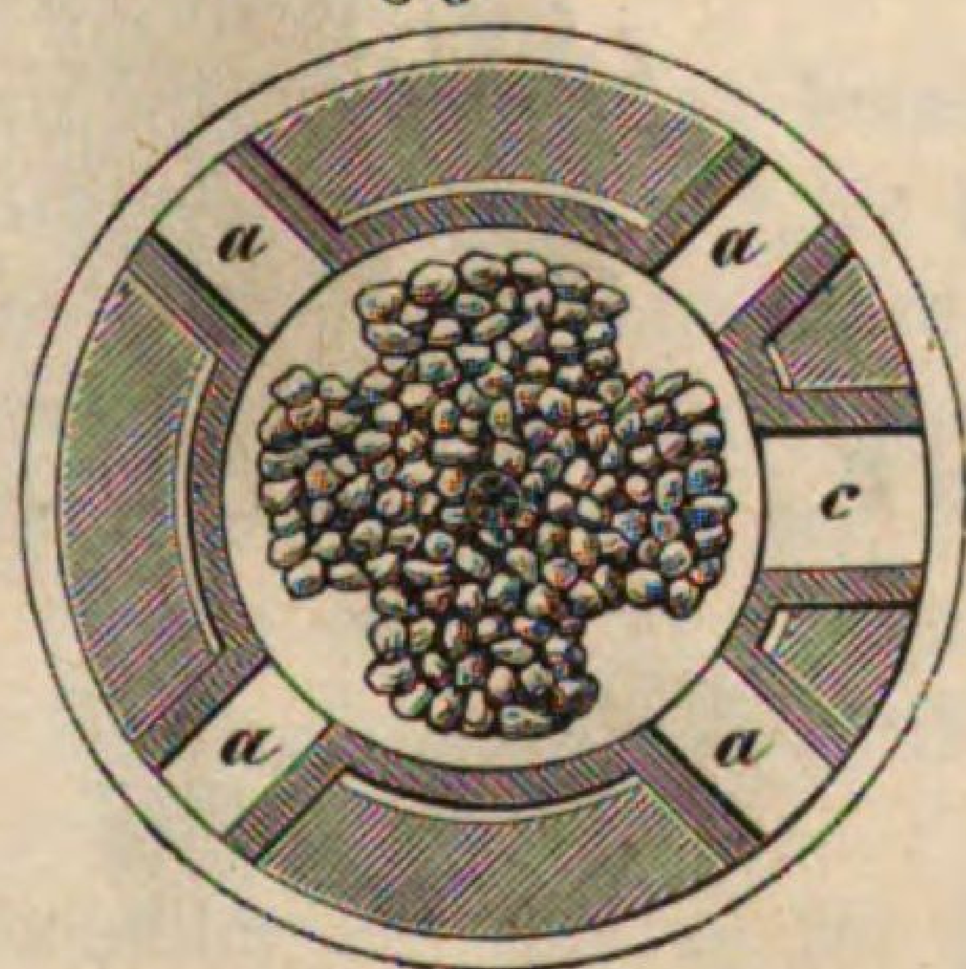
das Austreten der Flamme aus den einzelnen Gewölböffnungen beobachten und je nach Erforderniß einzelne derselben durch aufgelegte

Fig. 13.



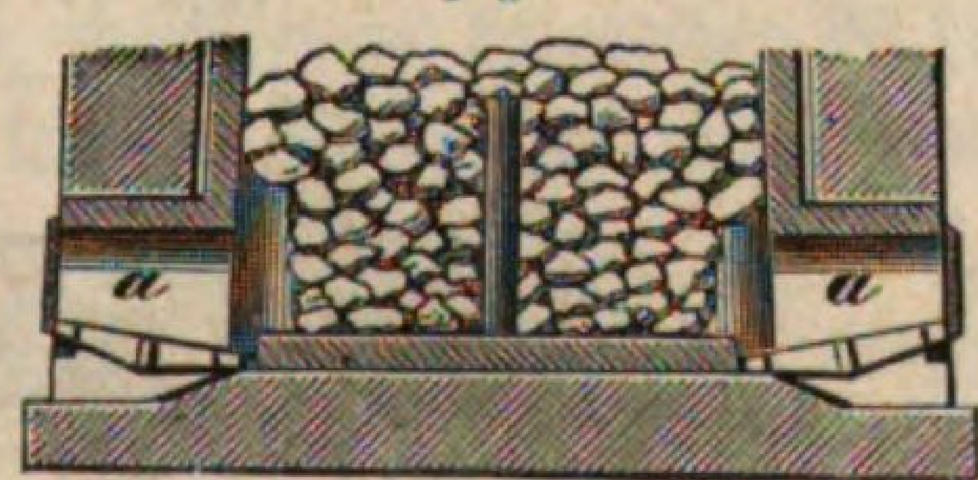
Steine verschließen und dadurch die Gluth mehr nach andern Punkten des Ofens hinlenken zu können. g Schiefe Ebene zum Einkarren der Steine nach dem obern Theil.

Fig. 14.



Aus Fig. 14. und 15. erkennt man ohne weitere Beschreibung die Art, wie der Kalkstein eingesetzt wird, so daß bei jeder der Feuerungen ein zur bessern Vertheilung der Flamme dienendes Gewölbe entsteht. In der Mitte wird ein Stück Holz eingesetzt, durch dessen Verbrennung ein ebenfalls zur bessern Vertheilung der Flamme dienende cylindrische Höhlung entsteht.

Fig. 15.



In Velpe werden zu 100 Tonnen à 4 Berliner Scheffel Kalk 150 bis 160 Scheffel Ibbenbührener Steinkohlen während einer Brennzeit von circa drei Mal 24 Stunden verbraucht. Während der ersten 6 Stunden feuert man schwach, dann aber schreitet man zu scharfem Feuer, bis die gelbe Kalkflamme aus den Gewölböffnungen herausschlägt und eine klare Gluth im Ofen sichtbar ist. —

Fig. 16.

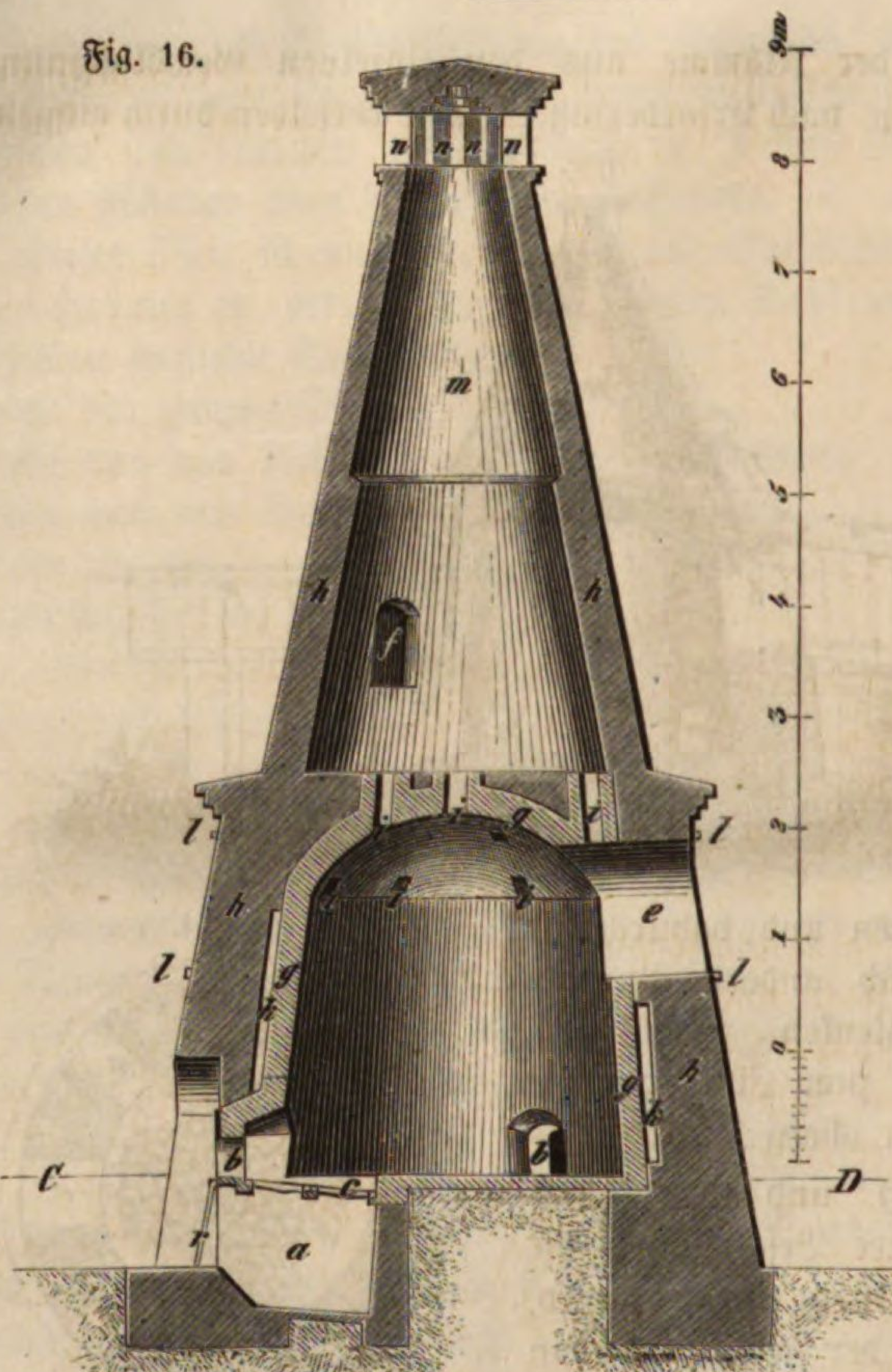
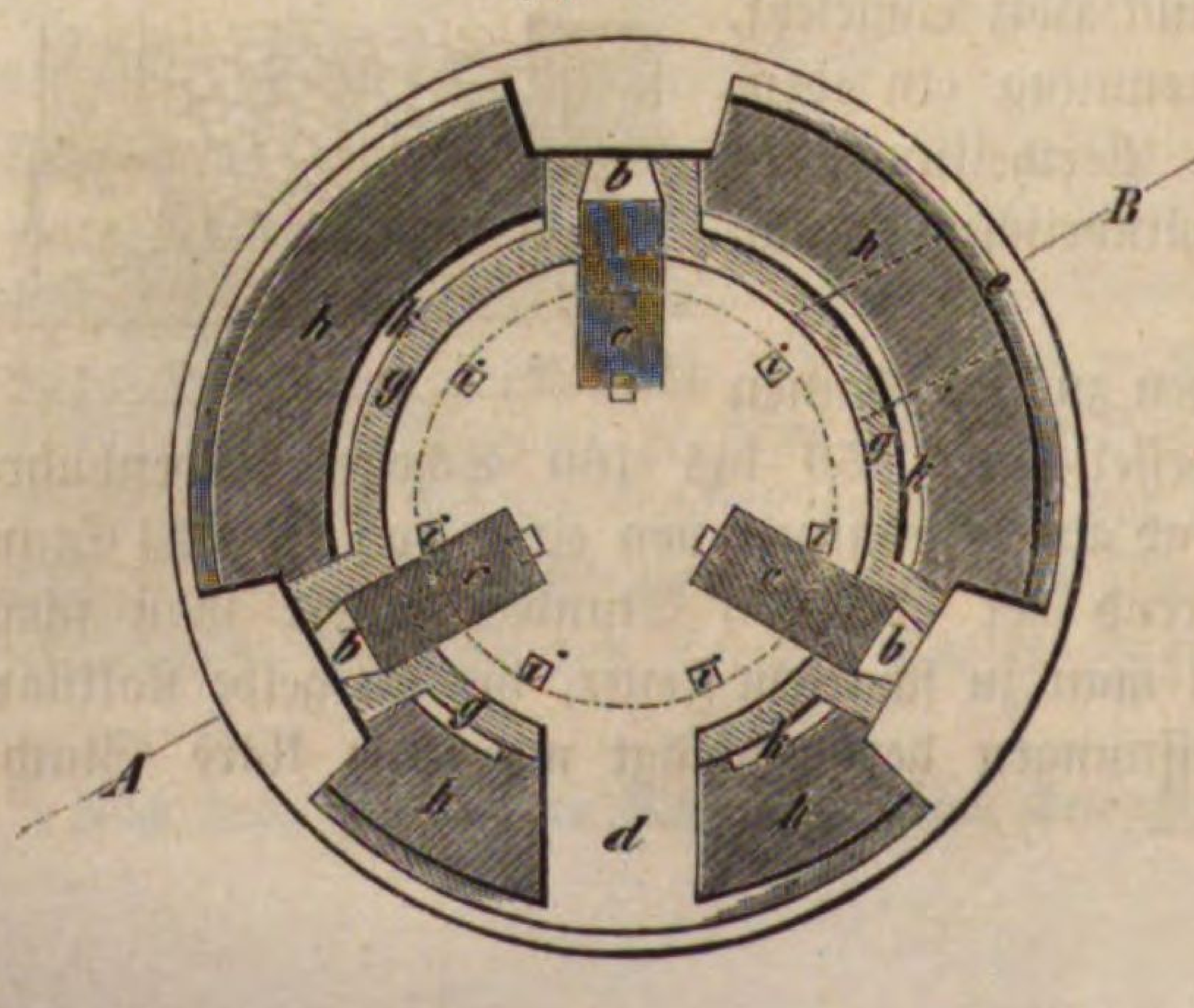


Fig. 17.



§. 46. Fig. 16. u. 17. stellt einen ähnlichen Ofen mit 3 Schürlöchern nach der Construction des Baumeisters Paul Loeff in Berlin dar, und zwar ist Fig. 16. ein Verticalschnitt nach der Linie A—B u. Fig. 17. ein Horizontalschnitt nach der Linie C—D; ferner ist a der Aschenfall, b die Feuerung, c der Rost, d untere Einkarrthüre, e obere Einkarrthüre, f Schauthür, g feuerfestes Mauerwerk, h Backsteinmauerwerk, i Zuglöcher, k Isolirschicht, l eiserne Bänder als Anker, m Rauchmantel, n Rauchöffnung, r Schieber zur Regulirung des Luftzuges.

§. 47. Außerdem ist der in Fig. 37. und 38. auf Seite 72 und 73 dargestellte Ofen zum Brennen des Kalkmergels als ein zweckmäßiger periodischer Brennofen für alle Sorten Kalksteine zu empfehlen.

Um einen ungefähren Anhalt für die Zahl der anzulegenden Rostfeuerungen bei diesen Kalköfen zu haben, muß man für Oefen mit durchgehenden Rosten

bei einer Sohlenbreite von . . . . . . 5′ (1^m, 6) einen Rost,
" " " " " . . . . 10′ (3^m, 1) zwei Roste,
" " " " " . . . . 15′ (4^m, 7) drei Roste

anwenden.

Es ergiebt sich hieraus, daß bei Oefen ohne durchgehende Roste, durch Anlage mehrerer kleinerer Roste die entsprechende Rostfläche geschaffen werden muß. So erhalten z. B. Oefen, welche einen kreisförmigen Querschnitt haben, dann schon bei 10′ (3^m, 6) Durchmesser 3 Roste, und bis zu 14′ (4^m, 4) Durchmesser 4 Roste. —

§. 48. Ueber die Beschickung dieser Oefen und den Gang des Brandes ist noch Folgendes zu bemerken:

Zunächst werden oberhalb der Rostflächen aus den zu brennenden Kalksteinen Schürgassen 2′ (0^m, 6) hoch und 20″ (0^m, 5) breit zusammengestellt, mit Kalksteinen förmlich überwölbt, und dann die übrigen zu brennenden Kalksteine in horizontalen Schichten aufgesetzt, wobei zu beachten ist, daß die Verbrennungsproducte von der Mitte des Ofens aus sich vertheilen müssen. Dabei dürfen die Zugkanäle nicht versetzt werden, weil dadurch die Entweichung der Kohlensäure gehemmt wird.

Die Einsetzthüren, wovon gewöhnlich die eine in der Höhe der Ofensohle die andere an einer andern Seite des Ofens in der obern Hälfte desselben angebracht ist, werden in folgender Weise geschlossen: Zuerst wird ein mit der innern Ofenwand bündiges 10″ (26^{cm}) starkes Mauerwerk aufgeführt und mit Lehm sorgfältig die Fugen verschmiert, alsdann wird in einer Entfernung von wiederum 10″ (26^{cm}) eine zweite Mauer von 5—10″ ($13—26^{cm}$) Stärke davorgesetzt und der Zwischenraum fest mit Sand ausgefüllt, so daß kein Eindringen der äußern Luft und kein Entweichen der Wärme möglich ist.

Der durchschnittliche Bedarf an Brennmaterial bei mittelgroßen Oefen ist folgender:

Bei Steinkohlenfeuerung 1 bis 1,2 Volumen Kohlen auf 3 Volumen des gebrannten Kalkes.

Bei Braunkohlenfeuerung 1 Volumen Kohle auf 1 Volumen des gebrannten Kalkes.

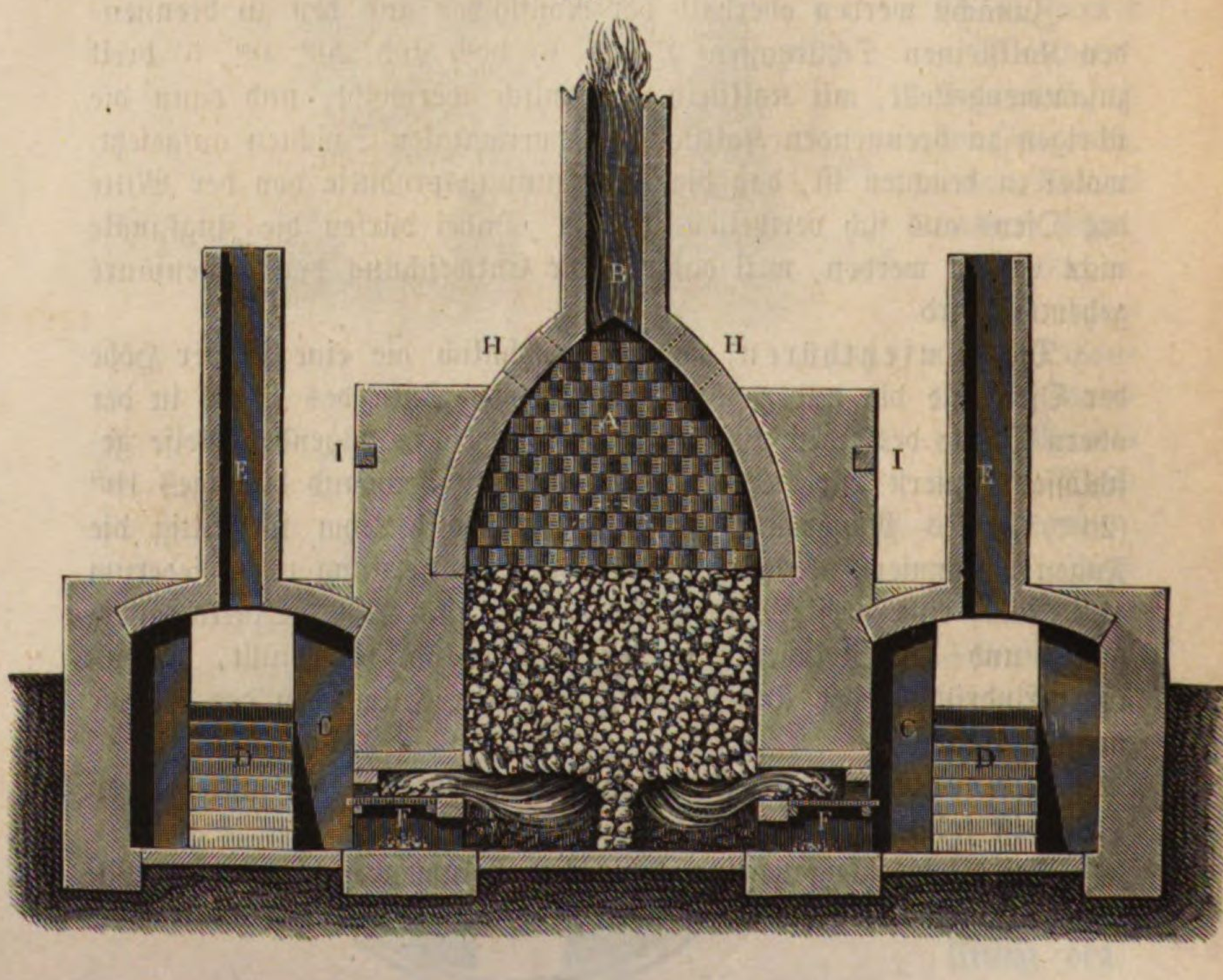
Bei Buchenholz das $1\frac{1}{2}$ bis 2 fache Volumen des gebrannten Kalkes.

Bei weichen Hölzern das 2 bis $2\frac{1}{2}$ fache Volumen des gebrannten Kalkes.

Bei Torffeuerung 2 Volumen Torf auf 1 Volumen des gebrannten Kalkes.

Die Differenz hängt bekanntlich von der Beschaffenheit der Steine und Brennmaterialien ab, ebenso die Dauer des Brandes, welche beispielsweise bei weicheren Kalksteinen, sehr gutem Brennmaterial und guter Ofenconstruction kaum 2 Tage und 2 Nächte währt, während andernfalls durchschnittlich 3 Tage und 3 Nächte für die längste Brennzeit festzusetzen ist. Den Gang des Brandes erkennt der Brenner an der Beschaffenheit des aufsteigenden Rauches. In den ersten 6—8 Stunden erscheint derselbe schwarz, wird nach und nach heller, endlich weiß und ist schließlich bei Tage nicht mehr sicht-

Fig. 18.

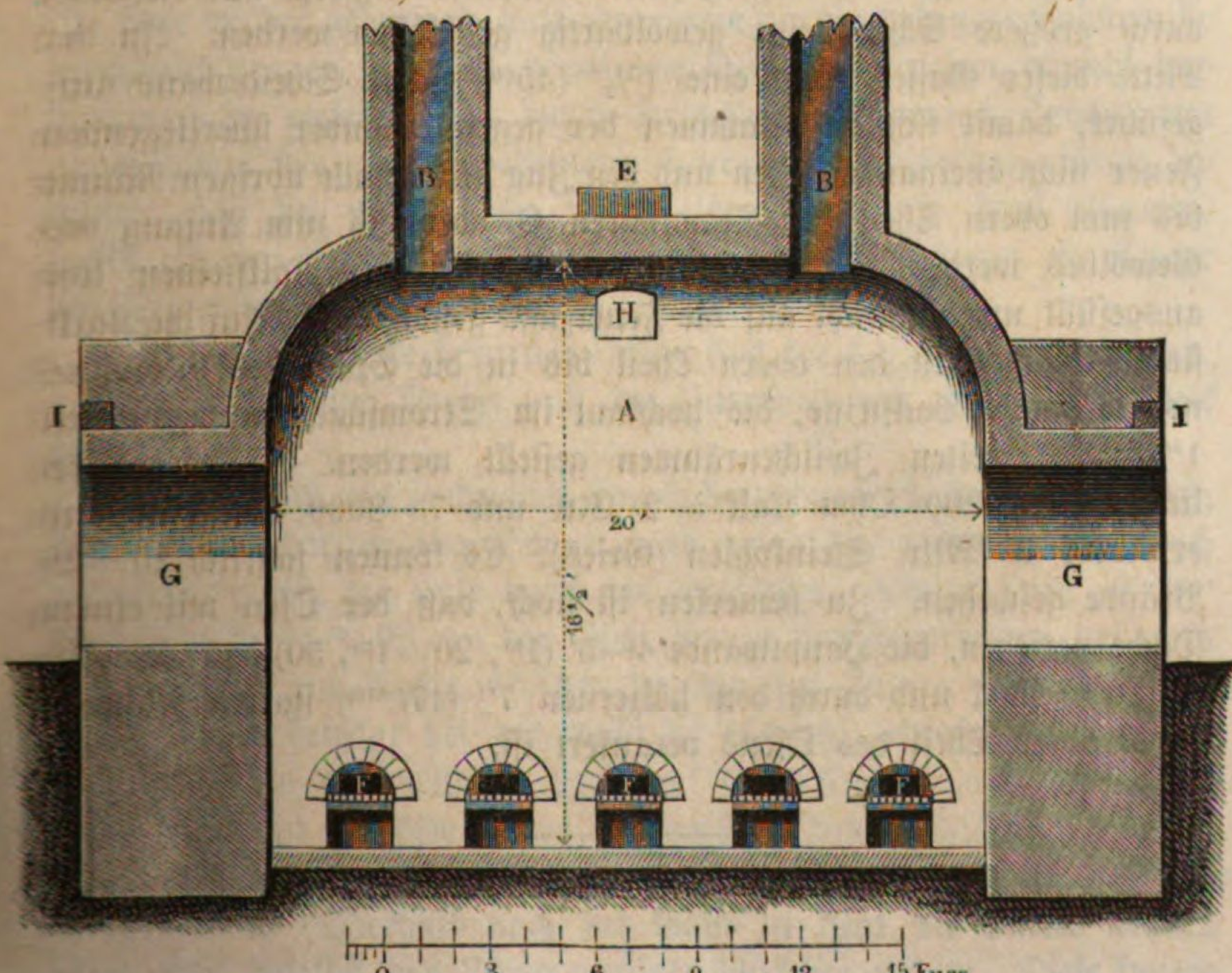


bar. Ist der Brand beendet, so läßt man den Kalk noch 24 Stunden ruhig abkühlen, öffnet dann die verloren zugemauerte Einsetzthüre, schafft den gesammten Inhalt des Ofens heraus und beginnt wieder von Neuem mit dem Einsetzen des Kalksteins.

§. 49. Für **Steinkohlenbrand** sahen wir ferner einen sehr zweckmäßigen Kalkofen bei den Gebrüdern **Schwarz** in Limburg a/d. Lahn; er ist in Fig. 18. in einem Querschnitt und Fig. 19. in einem Längendurchschnitt dargestellt.

Der Ofen ist im Lichten 20′ (6^{m}) lang, 9′ (2^{m}, 7) breit, 16½′ (4^{m}, 95) hoch, steht zur Hälfte seiner Höhe in die Erde versenkt, er ist mit einem Spitzbogengewölbe geschlossen und mit den beiden 18″ (45^{cm}) weiten Schornsteinen B, B versehen. Auf den beiden Langseiten liegen die fast ganz in die Erde versenkten Arbeitsgewölbe C, C, die durch die 4′ (1^{m}, 20) weiten Thüren mit steinernen Treppen D, D von einem Ende aus zugänglich sind. Ueber der Mitte eines jeden Arbeitsgewölbes ist der 15″ (38^{cm}) weite Dunstschornstein E, E angebracht. In jeder der beiden Langseiten des eigentlichen Ofens A befinden sich 5 Schürlöcher F, F, F 20″ (50^{cm}) weit; sie sind mit

Fig. 19.



feuerfesten Steinen überwölbt, und nach der Weite, wo sie an die Arbeitsgewölbe ausmünden, mit einer 11″ (28cm) breiten, 6″ (15cm) hohen Oeffnung zum Einwerfen der Kohlen versehen, die durch einen davor gestellten Backstein jedesmal wieder geschlossen wird. Jedes Schürloch enthält 11 Roststäbe 2½′ (75cm) lang von ¾″ (2cm) starken □ Walzeisen, diese ruhen vorn und hinten auf einem eingemauerten eisernen Rechen und können von den Arbeitsgewölben aus zum Reinigen des Rostes während oder nach beendigtem Brande einzeln herausgezogen werden, und sollten sie sich durchgebogen haben, leicht wieder gerade gerichtet werden.

An den beiden schmalen Seiten befinden sich über dem Fußboden die Sandthüren G, G zum Ein- und Aussetzen, wovon die eine direct auf den Fahrweg, die andere in ein luftdicht verschlossenes Magazin ausmündet; außerdem sind in der Spitze des Gewölbes noch zwei kleinere 1½′ (45cm) weite Einsetzöffnungen H angebracht, um den Ofen bis unter den Scheitel des Gewölbes füllen zu können.

Das Beschicken des Ofens geschieht in der Art, daß von den gegen einander überliegenden Schürlöchern 11″ (28cm) weite und 2′ (90cm) hohe Gassen mit lagerhaften Kalksteinen angesetzt und dieselben durch größere Schlußsteine gewölbartig geschlossen werden. In der Mitte dieser Gassen wird eine 1½′ (45cm) starke Scheidewand aufgeführt, damit sich die Flammen der gegen einander überliegenden Feuer nicht aneinanderstoßen und den Zug stören; alle übrigen Räume bis zum obern Theil der Sandthüren G oder bis zum Anfang des Gewölbes werden mit 3—6″ (75—150mm) großen Kalksteinen lose ausgefüllt und Rücksicht auf die Feuerzüge genommen. Auf die Kalksteine kommen in den obern Theil bis in die Spitze des Gewölbes noch ordinäre Backsteine, die hochkant im Stromschichtenverband mit 1″ (25mm) weiten Zwischenräumen gestellt werden. — Jeder Ofen liefert circa 200 Ohm Kalk à 2 Ctr. und 7—8000 Backsteine und erfordert 40 Mltr. Steinkohlen (Gries). Es können jährlich 25—28 Brände geschehen. Zu bemerken ist noch, daß der Ofen mit einem Dache versehen, die Hauptwände 4—5′ (1m, 20—1m, 50) das Gewölbe 1′ (30cm) stark und durch den hölzernen 7″ (175mm) starken Rahmen I der obere Theil des Ofens verankert ist.

IX.

Von den continuirlichen Oefen mit großer Flamme.

§. 50. Die continuirlichen Oefen bieten gegen die periodischen folgende Vortheile:

Das Mauerwerk ist bei ersteren während der ganzen Campagne nur einmal zu heizen, während bei den Oefen mit unterbrochener Feuerung jedesmal eine vollständige Abkühlung des Mauerwerks eintreten muß, bevor man mit der neuen Beschickung beginnen kann. Ferner wird die Hitze des gargebrannten Kalkes bei den continuirlichen Oefen zur Erhitzung der neu hinzugekommenen Ladung nutzbar gemacht, während sie bei den periodischen Oefen verloren geht. Hieraus folgt, daß die ersteren Oefen eine große Ersparniß an Brennmaterial und Arbeitszeit gewähren, sie empfehlen sich daher ganz besonders bei einem gleichmäßigen Absatz des täglich erzielten gebrannten Kalks, um den Betrieb ungestört fortführen zu können. Bei Anlagen wo kein regelmäßiger Absatz in Massen zu erwarten ist, oder wo der gebrannte Kalk nur einem vorübergehenden Bedürfnisse Rechnung tragen soll, sind periodische Oefen vorzuziehen, obwohl das Brennen in diesen Oefen durch fortwährend erneutes Heizen von abgekühltem Mauerwerk bedeutend theurer ist. Außerdem ist zu beachten, daß bei periodischen Oefen, im Verhältniß ihres Rauminhalts ein um so größerer Brennstoffverbrauch stattfindet, je kleiner die Dimensionen des Ofens sind.

§. 51. Bekannte derartige Oefen sind die s. g. Rüdersdorfer, welche hauptsächlich Berlin und die Umgegend mit gebranntem Kalk versehen.

Fig. 20. ist ein senkrechter Durchschnitt durch die Achse des Ofens; Fig. 21. ein horizontaler Schnitt, und zwar die rechte Hälfte durch die Feuerungen, die linke durch die Zuglöcher. Dieser Ofen ist 38' rhein. (circa 11 m, 9) von der Gicht bis zu den Feuerungen tief, und von dort bis zur Sohle 7' (2 m, 2) oder im Ganzen 45' (14 m, 1.) Seine Weite beträgt bei der Gicht 6' (1 m, 9), ebenso viel an der Sohle und an der weitesten Stelle 8' (2 m, 5); bis auf 32' (10 m) Höhe ist er an der dem Feuer zugänglichen innern Fläche mit feuerfesten Backsteinen von 1½ bis ½ Stein Stärke a, a' in Absätzen ausgemauert. Oberhalb nach der Gicht zu liegt die innere Mauer bloß, weil daselbst das Feuer weniger Wirkung ausübt. Diese innere

Futtermauerung a, a' ist von einem Mantel b, b umgeben, der zwischen den Mauern a, b einen Zwischenraum von ca. 15^{cm} läßt, welcher mit Asche lose ausgefüllt wird, und theils das Zusammenhalten der Hitze, theils die Möglichkeit der Ausdehnung des Ofenschachtes a, a zum Zweck hat. Die äußere Umfassungsmauer f, f umschließt die Gewölbe g, g, welche in den untern Stockwerken zum trocknen Aufbewahren des gebrannten Kalks, im dritten und vierten Stockwerke zu andern Vorrathsräumen und zu Schlafstellen für die fremden Arbeiter dienen. Auf den Seiten des sechseckigen Ofens liegen abwechselnd die drei Feuerungen c, c, c. Unter einem mit Chamottesteinen bekleideten Gewölbe liegt der Brennstoff auf zwei durchbrochenen Thonplatten, welche zusammen den Rost bilden und deren Stoßfuge von einem keinen Gurtbogen unterstützt wird. Die Feuerstellen sind durch eiserne Thüren

Fig. 20.

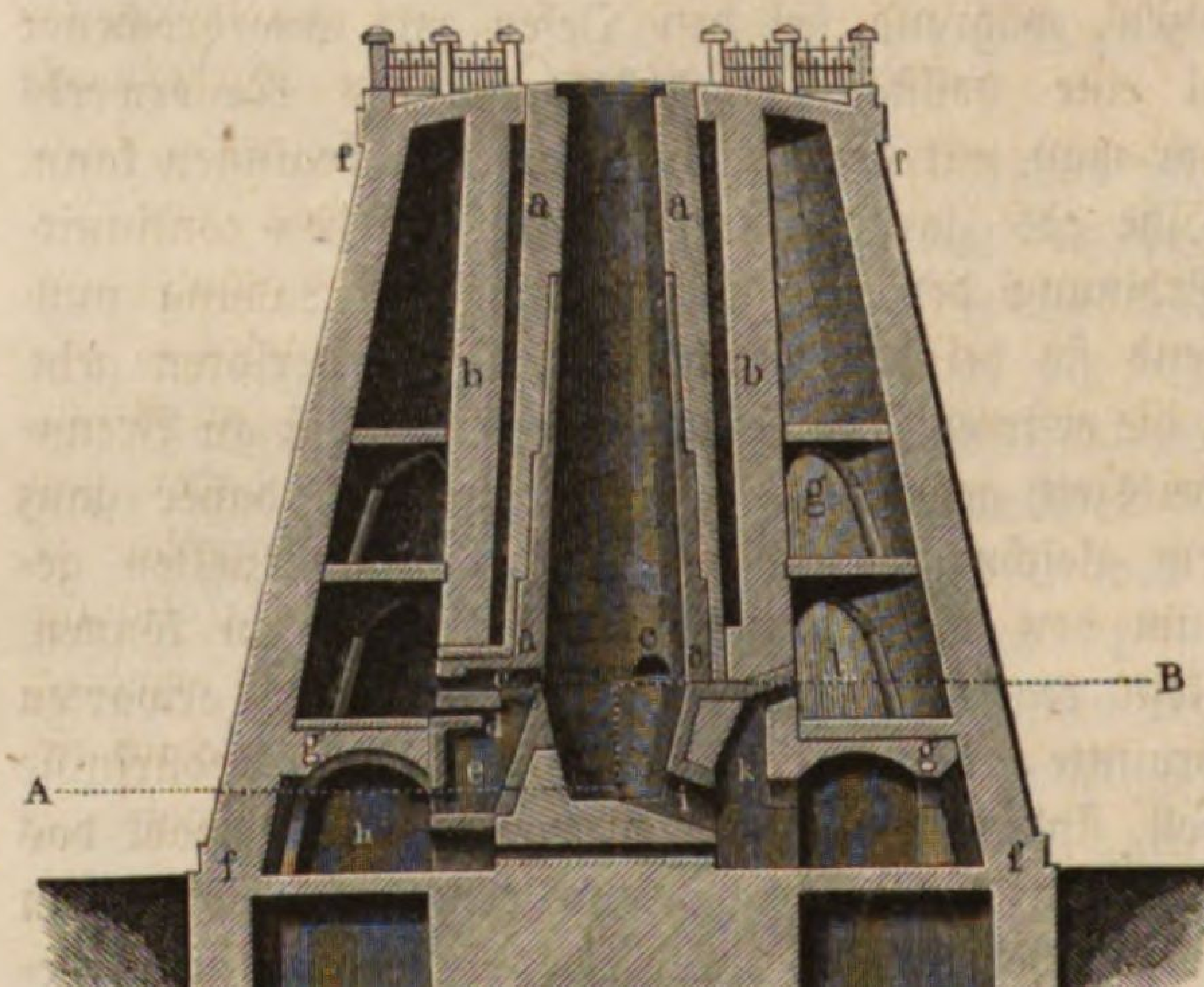
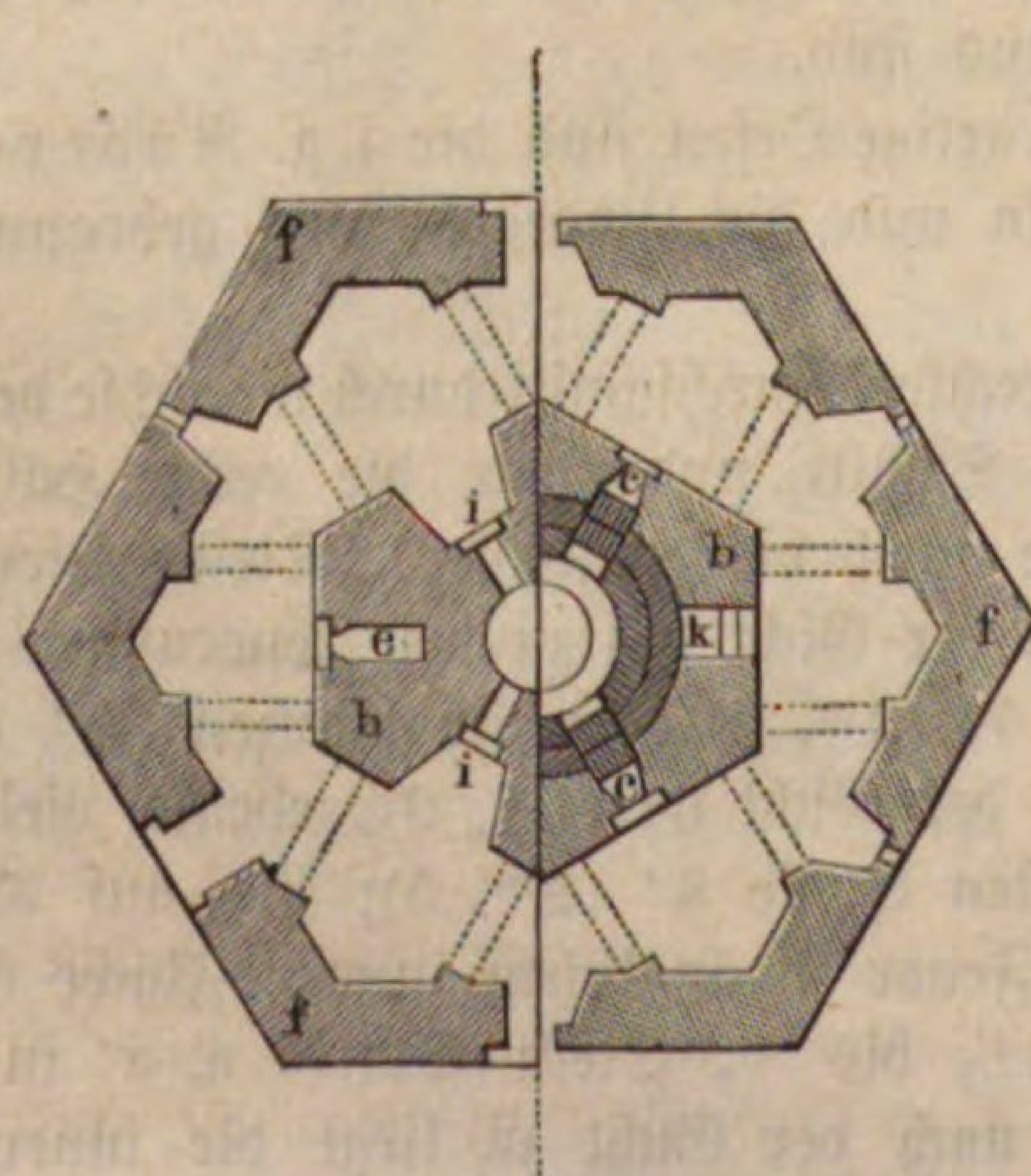


Fig. 21.



verschlossen. Die Luft zur Nährung des Feuers tritt aus dem Kanal d unter die Rostplatten; e ist der Aschenfall, welcher ebenfalls durch die eiserne Thür verschlossen ist, wenn er nicht in den Raum h entleert werden soll, von wo aus die Asche abgefahren wird. Die Oeffnungen i, i zum Ausziehen des Kalkes sind, um das Nachfallen zu erleichtern, nach innen zu erweitert; zugleich ist die Sohle nach den Oeffnungen zu geneigt. Sie sind durch eiserne Thüren verschlossen, damit die durch diese Oeffnungen eintretende Luft keine nachtheilige Abkühlung des Ofens hervorbringe, und sie werden nur im Augenblick des Ziehens geöffnet. k ist ein Schlot, durch den die heiße Luft beim Ausziehen des Kalks vom Arbeiter in den äußern Raum l abzieht.

Während nun am Fuße des Ofens alle 12 Stunden das Ziehen der garen Steine beständig fortgeht, wird in der Mitte ohne Unterlaß gefeuert und von der Gicht aus frischer Kalkstein nachgefüllt. Zu dem Ende ist die Gicht, die mit dem Steinbruche durch eine Eisenbahn in Verbindung steht, durch einen gußeisernen Ring eingefaßt und an der äußern Umfassung mit einem eisernen Geländer umgeben. Soll dieser Ofen in Gang gesetzt werden, so füllt man den Schacht bis zur Höhe der Feuerstellen c, c, c, also 7′ (2^{m}, 20) hoch mit Kalksteinen und brennt diese, indem man Feuer in den Ziehöffnungen i, i anzündet. Sind diese Kalksteine gar gebrannt, so füllt man den Schacht vollends an, indem man die Steine Anfangs in Eimern hinabläßt und dann von oben hineinwirft, bis sie auf der Gicht gehäuft liegen; dann aber zündet man das Feuer in den eigentlichen Feuerstellen c, c an, welches nun fortdauernd unterhalten wird. Alle 12 Stunden wird Kalk gezogen und zwar 60—72 Centner auf ein Mal.

Bei Rüdersdorf sind im Ganzen zwei dreischürige Oefen, wie der beschriebene, ein vierschüriger, welcher 2600 Cub.-Fuß und ein fünfschüriger, welcher 3000 Cub.-Fuß Kalk faßt. Der fünfschürige Ofen liefert in 12 Stunden 68 bis 85 Centner garen Kalk; er braucht mehr Brennmaterial als der vierschürige, der ebenso viel Kalk liefert. —

§. 52. Einen einfachern Ofen der Art, von dem Baumeister Paul Loeff in Berlin construirt, wird durch die Fig. 22 einem Verticalschnitt nach E—F, Fig. 23 einem Horizontalschnitt nach der Linie A—B, Fig. 24 Horizontalschnitt nach der Linie C—D veranschaulicht. a, Ziehloch für gebrannten Kalk, b, Feuerung für Steinkohlen, c, Luftkanal für die Feuerung, d, Aschenfall, e, Schürraum und Lager für Brennmaterial, f, Ziehraum und Lager für gebrannten Kalk, g, Luftkanal für den gezogenen Kalk, h, feuerfestes Mauerwerk, i, Iso-

Fig. 22.

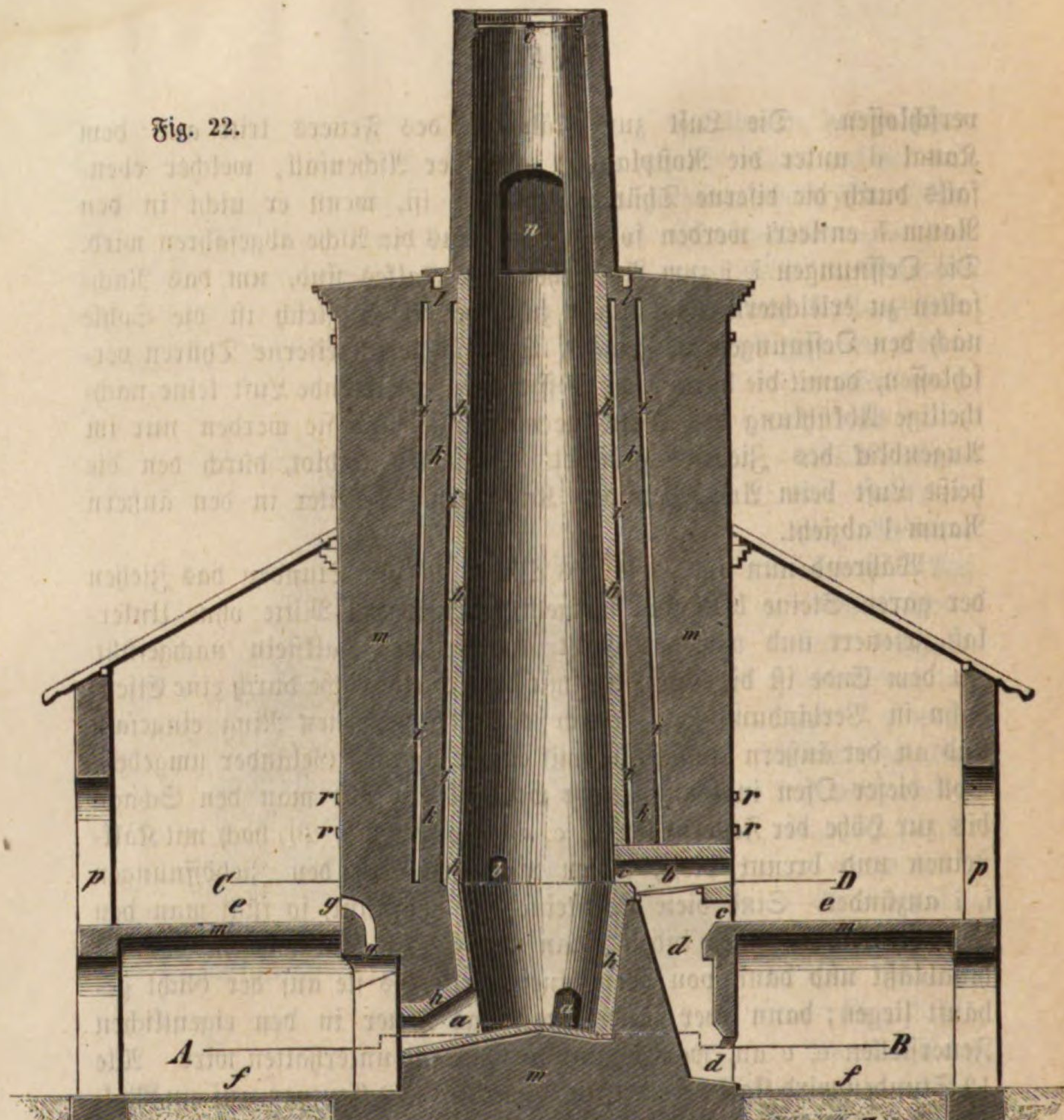
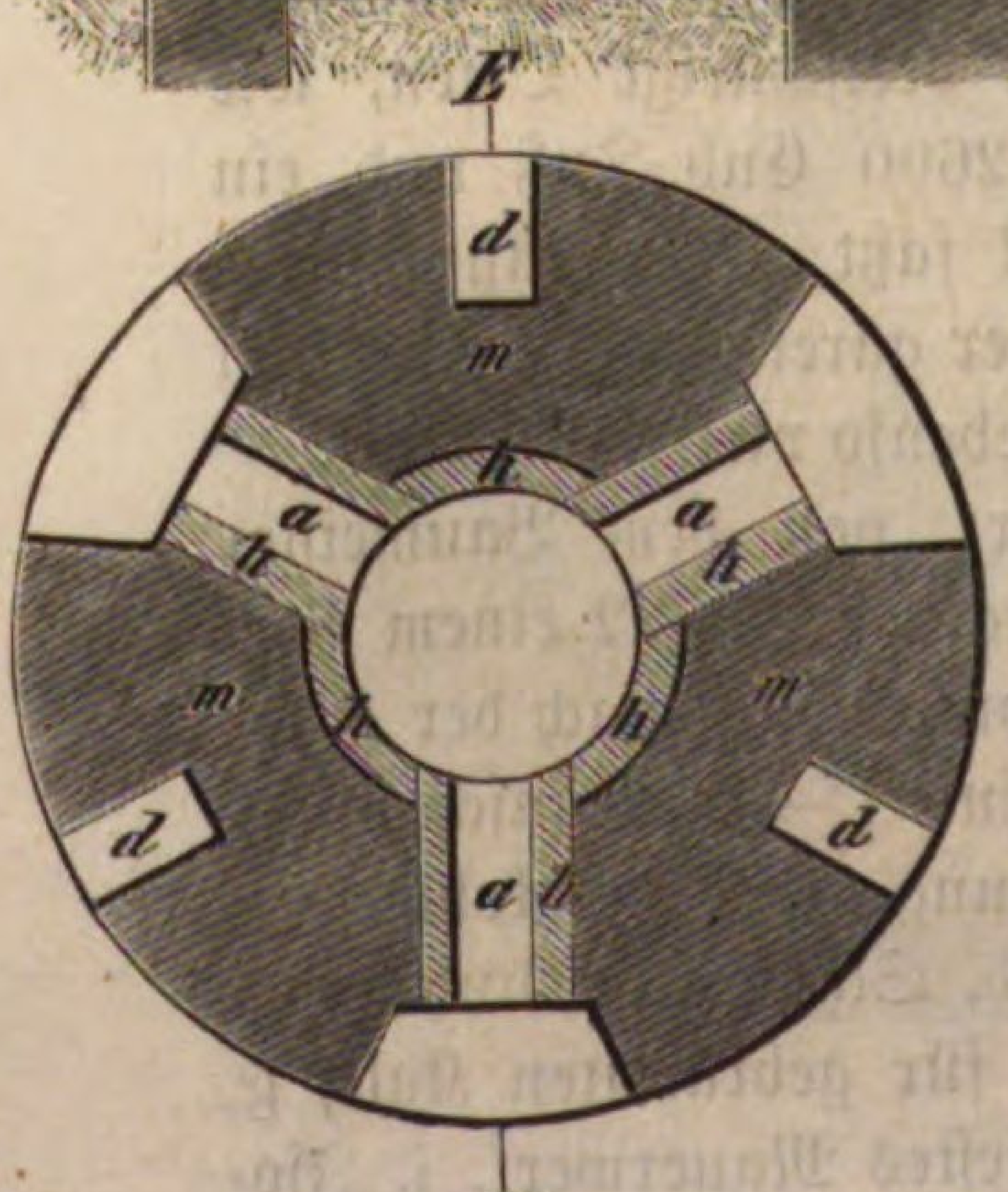
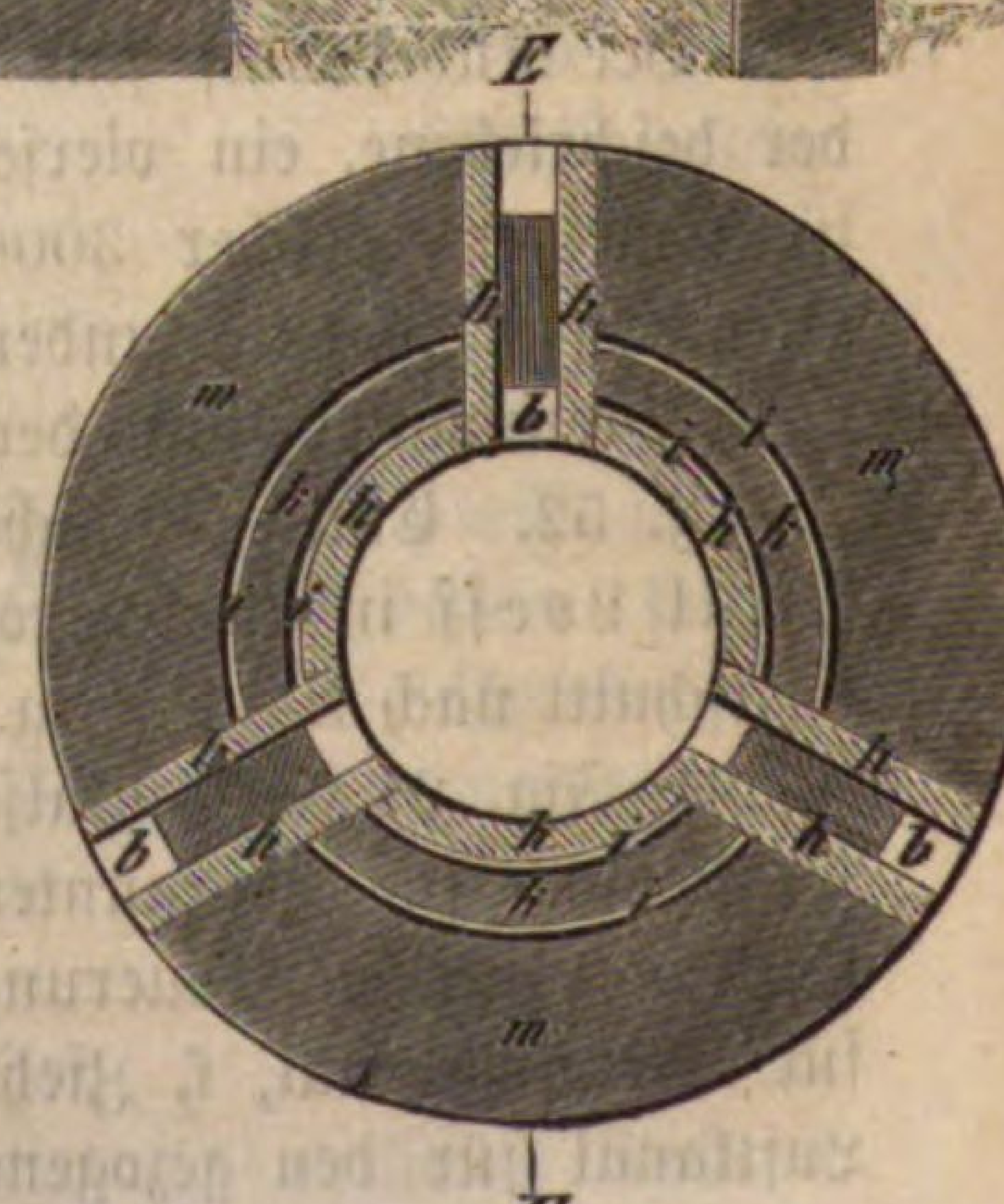
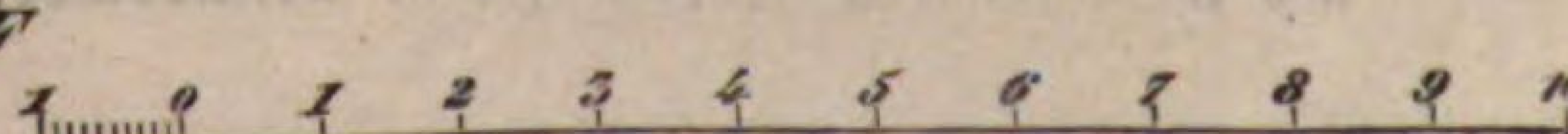


Fig. 23. Fig. 24.





Maaßstab
= 1/160 der
nat. Größe.



lirschicht, k, Mauerwerk von Rathenower Steinen (390 ^{mm} stark), l, freier Raum zur Ausdehnung des Rauchmantels, m, Backstein-Mauerwerk, n, Einbringe-Oeffnung für Kalksteine, o, Drahtgitter, p, Thorweg, um durch eine angelegte schiefe Ebene das Brennmaterial anzufahren, r, eiserne Reifen.

Ein solcher Ofen hat eine Höhe des innern Schachtes von 14 ^{m}, wobei von der Feuerung bis zur Gicht 11 ^{m}, 3 und von ersterer bis zur Sohle 2 ^{m}, 9 zu rechnen sind; mit Hinzurechnung des oberen Rauchmantels 18 ^{m}, 8.

Seine Weite beträgt an der Gicht 2 ^{m}, 2, ebensoviel an der Sohle. An der weitesten Stelle (in der Ebene des Feuerherdes) beträgt sie 2 ^{m}, 9.

Der Ofenschacht ist mit feuerfesten Steinen bekleidet. Diese innere Futtermauerung (Kern) ist von einem Mantel umgeben, der zwischen den Mauern einen Raum von 13 ^{cm} läßt, welcher mit Asche ausgefüllt ist, um theils das Zusammenhalten der Hitze, theils die Möglichkeit der Ausdehnung des Ofenschachtes zuzulassen. Die äußere Form des Ofens ist rund.

Es liegen abwechselnd drei Feuerungen vertheilt, wovon jede mit einem Roste (für Steinkohlenfeuerung) und einem darüber gespannten feuerfesten Gewölbe versehen ist. Bei der Verwendung von Holz und Torf zur Feuerung dieser Oefen bildet man zweckmäßiger den Rost durch drei durchbrochene Chamotteplatten, da diese Brennmaterialien den geringsten Luftzug unter dem Rost gestatten. Derartige Roste sind aber für jedes andere Brennmaterial unvortheilhaft. Die Luft zur Speisung des Feuers tritt durch einen Kanal unter den Rost.

Zum Ausziehen des garen Kalkes dienen zwei Ziehlöcher und wird die bei dieser Arbeit sich in dem Ziehraum anhäufende heiße Luft durch einen in der Decke befindlichen Kanal von dem Arbeiter abgeleitet. Das Ziehen des Kalkes ist dadurch wesentlich erleichtert, daß die Sohle des Ofens sich nach den drei Seiten, wo die Ziehlöcher sich befinden, von einem erhöhten Punkte in der Mitte abdacht, sodaß der gebrannte Kalk, wenn die Thür geöffnet ist, gewissermaaßen dem Arbeiter entgegen fällt. Der Aschenkanal ist vom Rost, also von der obern Etage bis zum untern Ziehraum im Parterre geführt und hier durch eine eiserne Thüre verschlossen; dieselbe ist nur dann zu öffnen, wenn die Asche ausgeräumt werden soll.

Während nun am Fuße des Ofens alle 12 Stunden das Ziehen des garen Kalkes regelmäßig fortgesetzt, wird auf den Rosten ohne Unterlaß gefeuert, und von der Gicht aus roher Kalkstein durch die

im Rauchmantel angebrachten Oeffnungen nachgefüllt. Beim Eröffnen einer jeden Brenncampagne ist die Feuerungsweise eine andere. — Zuerst ist der Schacht bis zur Höhe der Feuerstellen, also 2^m, 8 hoch mit Kalksteinen anzufüllen und zu brennen wobei das Feuer in den Ziehöffnungen anzulegen ist. Sind diese Kalksteine gar gebrannt, so wird der Schacht vollends angefüllt, bis sie auf der Gicht gehäuft liegen, dann erst zündet man das Feuer in den eigentlichen Feuerstellen an und unterhält dasselbe nun fortdauernd.

Alle 12 Stunden werden in diesem Ofen 77 Hectoliter (35 Tonnen) Kalk auf einmal gezogen.

An Brennstoff werden bei diesem Ofen durchschnittlich verbraucht:

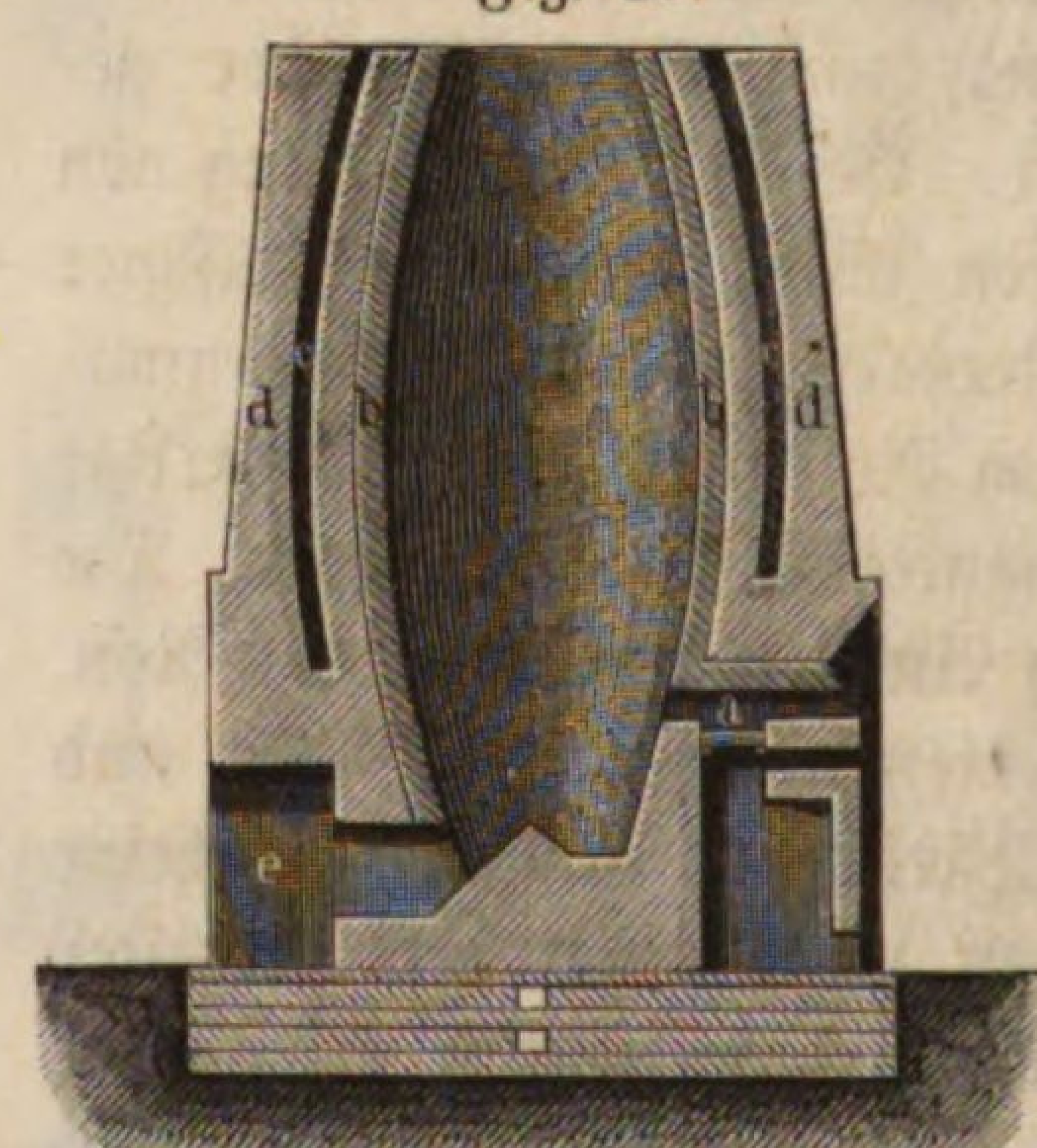
a. bei Steinkohlen, auf $3\frac{1}{2}$ Volumen gebrannten Kalk höchstens 1 Volumen Kohle.

b. bei Braunkohlen auf 1 bis $1\frac{1}{2}$ Volumen gebrannten Kalk 1 Volumen Braunkohle;

c. bei Buchenholz auf 1 Volumen gebrannten Kalk $1\frac{5}{12}$ Volumen Holz;

d bei weichen Hölzern das 2 bis $2\frac{1}{4}$ fache Volumen des gebrannten Kalkes;

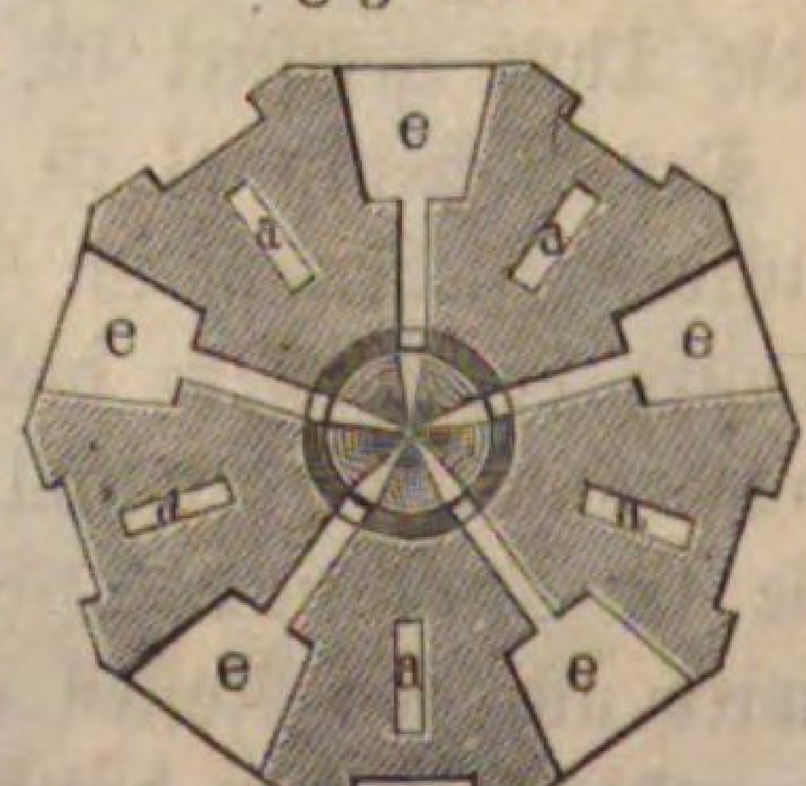
Fig. 25.



e. bei Torf das $1\frac{1}{2}$ bis 2 fache Volumen des gebrannten Kalkes.

Bei Braunkohlenfeuerung oder Torffeuerung empfiehlt Loeff mit Steinkohlen überzuschüren, um hierdurch gleich eine lange Flamme zu bekommen, bei welcher Befeuerung dann auf 2 Volumen gebrannten Kalkes 1 Volumen Braunkohle und $\frac{1}{12}$ Volumen Steinkohle zu berechnen sind. —

Fig. 26.



§. 53. Ein anderer Ofen in Rüdersdorf hat die Gestalt eines an den Enden abgestumpften Ellipsoids und giebt ebenfalls sehr günstige Resultate; die Figg. 25 und 26 geben eine Darstellung. Dieser Ofen hat 5 Heizungen (Gassen oder Herde), deren jede in den Zeichnungen mit a bezeichnet ist. Die innere Ausfütterung b, b des Ofens ist von feuerfesten (Chamotte-) Steinen, die Wände selbst sind von gewöhnlichen Backsteinen aufgeführt. Zwischen der

innern Bekleidung b und der Umfassungsmauer d, d ist ein mit Asche ausgefüllter Zwischenraum c, c angebracht, der wie bei den vorbeschriebenen Oefen die Ausdehnung der innern Ofenmauer ermöglicht, und als Nichtleiter die Wärme vom Uebergange in die Masse des Mauerwerks abhält. e, e sind die Oeffnungen, durch welche der gebrannte Kalk gezogen wird, sie sind durch Thüren geschlossen.

Das Brennmaterial ist ein Gemenge von Holz und Torf, und zwar einen Theil des erstern auf 4 Theile des letztern. Der Preis des Torfs ist daselbst etwas niedriger, als die Hälfte gleichen Volumens Holz. —

§. 54. Fink's Kalkofen für continuirlichen Betrieb.

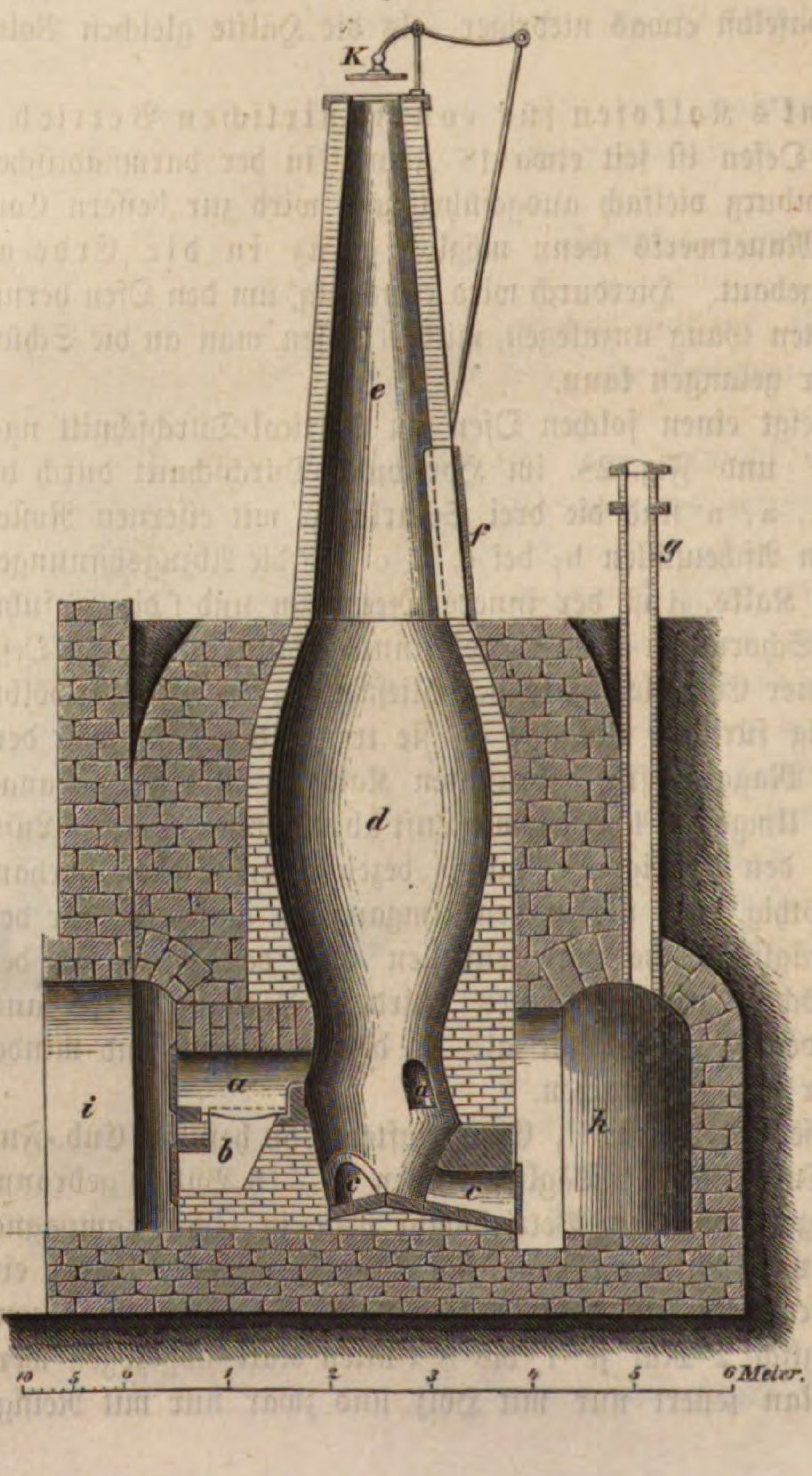
Diese Art Oefen ist seit etwa 18 Jahren in der darmstädtischen Provinz Starkenburg vielfach ausgeführt und wird zur bessern Conservirung des Mauerwerks wenn möglich ganz in die Erde an einem Abhang gebaut. Hierdurch wird es nöthig, um den Ofen herum einen überwölbten Gang anzulegen, mittelst dessen man an die Schür- und Abzuglöcher gelangen kann.

Fig. 27. zeigt einen solchen Ofen im Vertical-Durchschnitt nach der Linie E—F und Fig. 28. im Horizontal-Durchschnitt durch die Schürlöcher. a, a, a sind die drei Schürlöcher mit eisernen Rosten und zugehörigen Aschenfällen b; bei c, c, c sind die Abzugsöffnungen des gebrannten Kalks, d ist der innere Ofenraum und f die Einfuhröffnung in den Schornstein e für die gebrannten Kalksteine. Diese Oeffnung ist mit einer Eisenblechthüre verschließbar. i ist die überwölbte Eingangsöffnung für den Umgang h; sie trennt den Ofen von dem davorliegenden Magazin für gebrannten Kalk; g ist ein Luftkanal, um die in dem Umgange h erwärmte Luft abzuführen. Solcher Luftzüge sind 4 an den in Fig. 28. mit g bezeichneten Stellen vorhanden; sie sind nöthig, weil sich in dem Umgange h sonst eine für den Arbeiter unerträglich heiße Luft feststellen und das Feuer in den hintern Schürlöchern träge brennen würde. Deshalb ist es auch zweckmäßiger, den Gang breiter als in der Zeichnung und mindestens 1,5 Meter breit zu machen.

§. 55. Dieser Ofen faßt $^3/_4$ Cub.-Klafter (750 hessische Cub.-Fuß oder circa 12 Cub.-Meter). Täglich werden 14—15 Bütten gebrannter Kalk abgezogen; in einem Betriebsjahr oder in einer Campagne, die gewöhnlich von Mitte Februar bis October dauert, liefert ein solcher Ofen circa 2400 bis 3000 Bütten Kalk. Der Ofen ist so construirt, daß täglich 2 Mal je 7 bis 8 Bütten Kalk abgezogen werden können. Man feuert nur mit Holz und zwar nur mit Reisig-

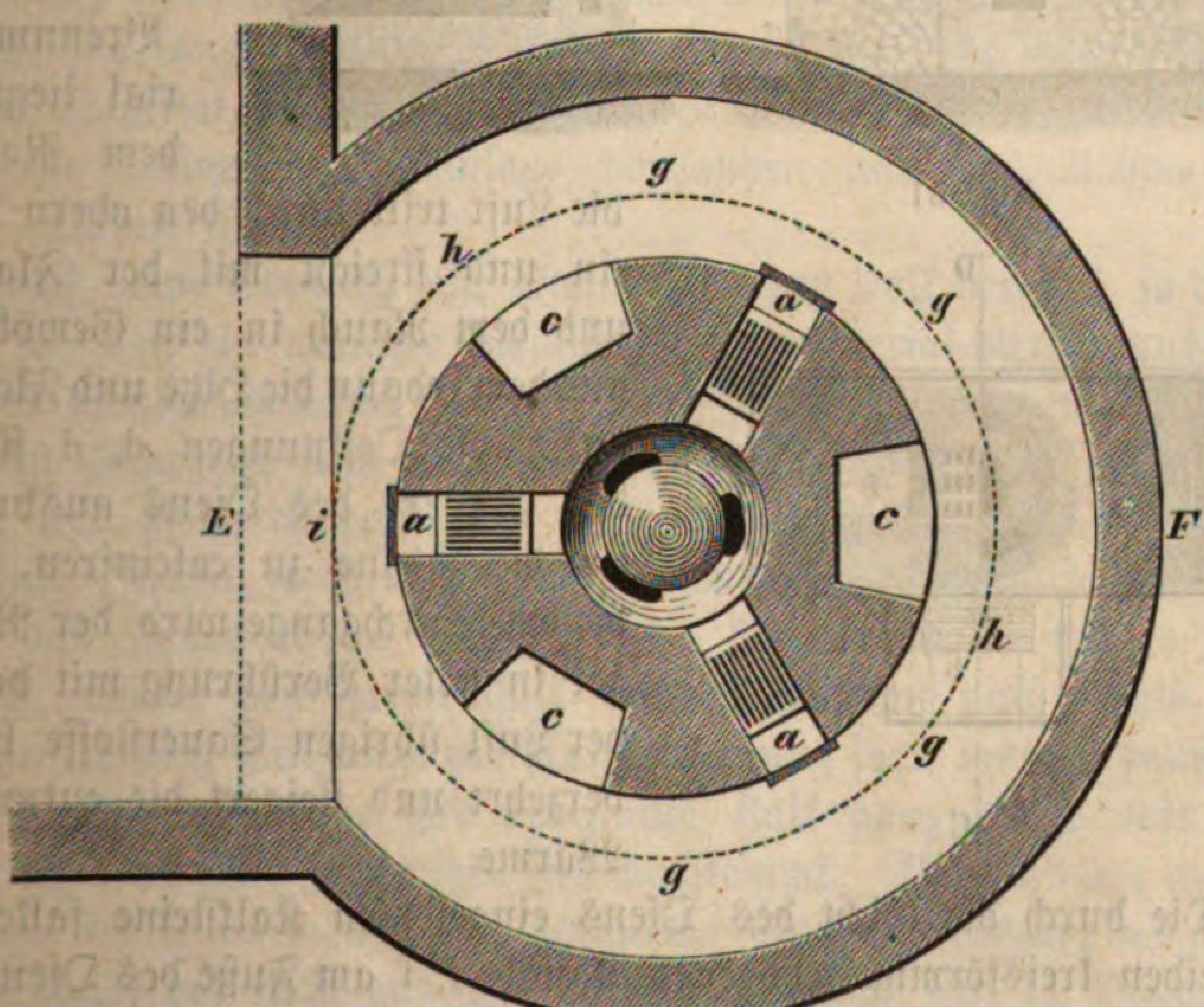
und Prügelholz. Während der Feuerung ist die Schornsteinklappe k aufgehoben, die Abzugsöffnungen c, c, c werden durch die gußeisernen Thürchen verschlossen gehalten und die verbleibenden Ritzen mit Lehm gut verschmiert. Wenn gebrannter Kalk abgezogen werden soll, müssen die Thürchen der Schürlöcher a, a, a sowie diejenigen der Aschenfälle gut verschlossen und die Schornsteinklappe k niedergelassen werden, um den Durchgang von kalter Luft durch den Ofen und die hierdurch entstehende Abkühlung zu verhüten. Dies ist von großer Wichtigkeit, denn es ist vorgekommen daß ein unerfahrener Kalkbrenner die Abzugsöffnungen c, c, c stets offen gelassen hatte, 10 Tage ununterbrochen fortfeuerte und dabei 70 Stecken Holz verbrannte, ohne daß es ihm gelungen wäre, die Gluth bis zur Gichthöhe zu treiben. Im Gegentheil, jemehr der Brenner das Feuer forciren wollte, um so

Fig. 27.



träger brannte es; die stark rußende Flamme schlug aus den Schürlöchern zurück und schwärzte den ganzen Umgang h. Mit diesem bedeutenden Brennstoffverbrauch wurden kaum 14 Bütten gebrannter Kalk abgezogen. Es ist einleuchtend, daß in dem Maaße, als der innere Ofenraum mit seinem Inhalte an Kalksteinen erwärmt wurde, durch die geöffneten Abzugsöffnungen c, c, c ein kalter Luftzug entstand, der endlich so kräftig wurde, daß er den Zug des Feuers hinderte und die eingesetzten Steine fortwährend abkühlte. Als man hierauf die Abzugslöcher c, c, c schloß und mit Lehm verklebte, bekam der Ofen einen äußerst lebhaften Zug, welchen er auch dann beibehielt, wenn die kleinsten Kalksteine eingefüllt wurden. Die Construction dieses Ofens hat sich vollkommen bewährt. Um 100 Bütten gebrannten Kalk zu erhalten, werden circa 18 Stecken*) gutes Tannenscheitholz erfordert. Dieser Ofen ist übrigens auch mit jedem andern Brennmaterial zu feuern. —

Fig. 28.



§. 56. Ein in England sehr bekannter derartiger Kalkofen ist der von Rumford construirte Ofen mit umgebogener Flamme, derselbe ist in den Skizzen Fig. 29. einem Verticaldurchschnitt nach A—B, Fig. 30., einem Verticaldurchschnitt nach C—D und in Fig. 31. einem Grundriß dargestellt, und zwar ist bei letzterm die eine Hälfte zur Rechten

*) 1 Stecken = 100 hess. Cub.-Fuß = 1,56 Cub.-Meter; 1 hess. Bütte siehe §. 43. und in dem Kapitel „Von dem Ausmaaße des Kalkes“.

ein Querschnitt, über dem Kanal f, und die Hälfte links ein Schnitt durch den Schornstein a. — Er besteht aus einem ziemlich hohen oben

Fig. 29.

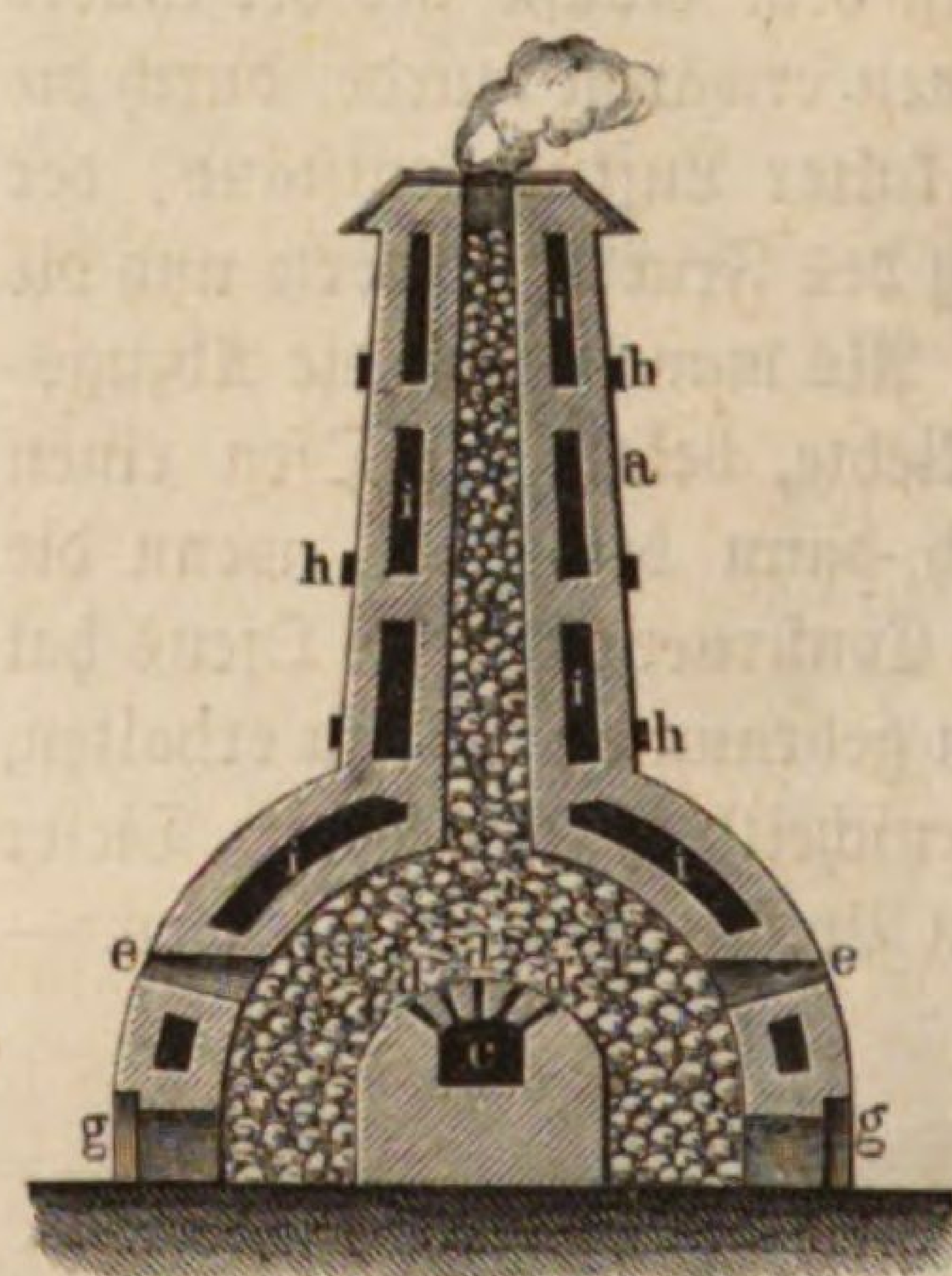
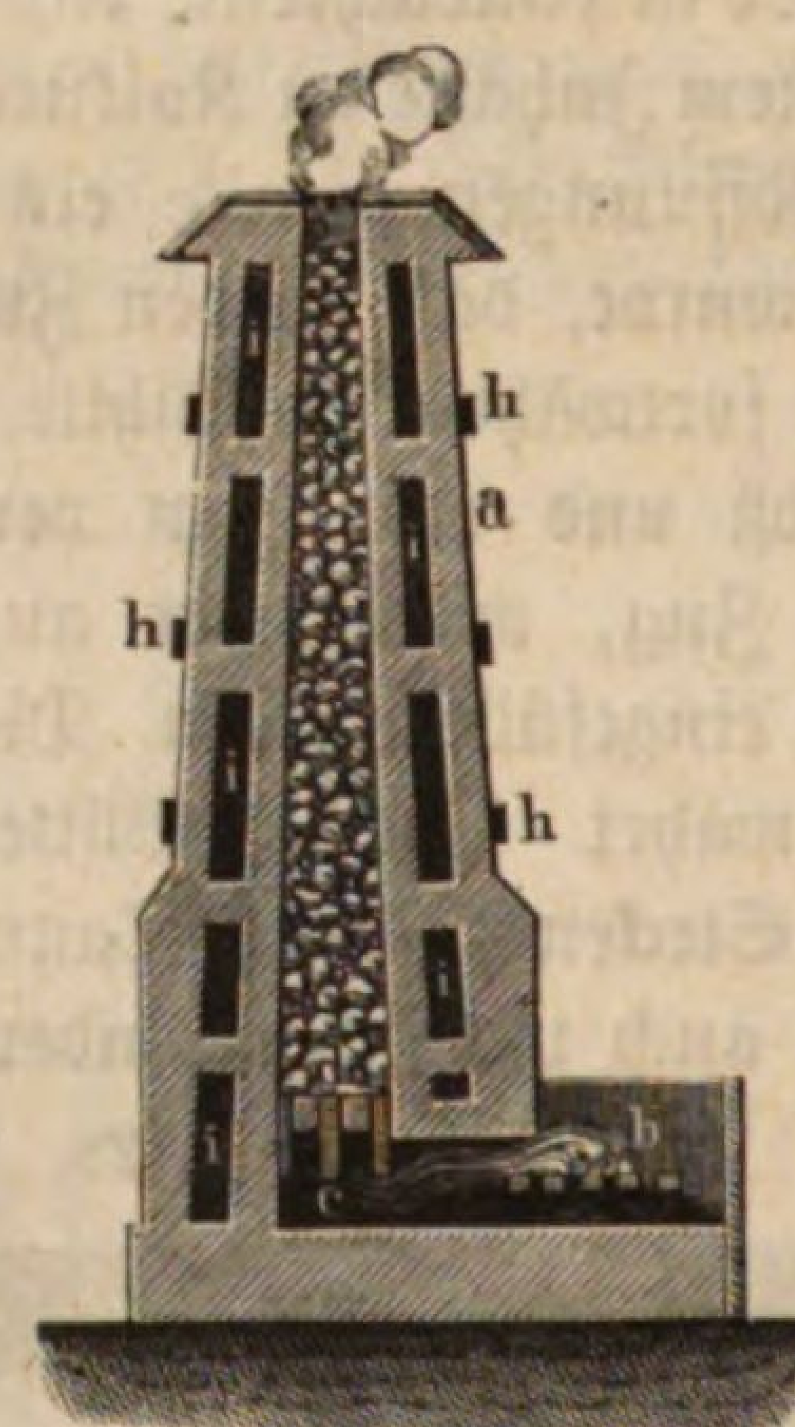
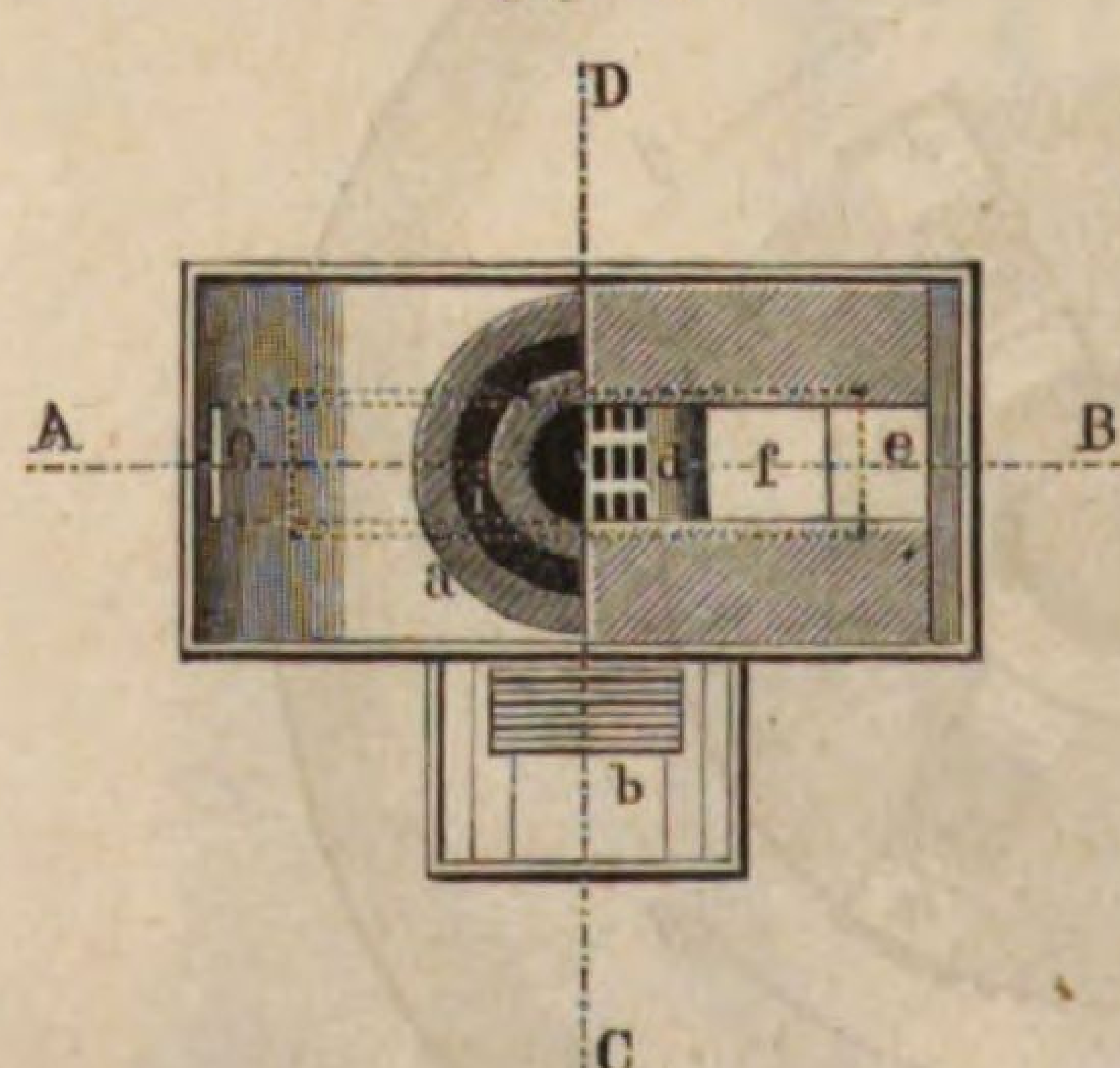


Fig. 30.



etwas engern runden Schornstein a, der von oben mit Kalksteinen angefüllt wird, sowie man unten von der Ladung fortnimmt. Der Herd liegt seitwärts, das Brennmaterial liegt auf dem Rost b,

Fig. 31.



die Luft tritt durch den obern Theil ein und streicht mit der Flamme und dem Rauch in ein Gewölbe c, aus dem sodann die Hitze und Flamme durch die Oeffnungen d, d sich in das Innere des Ofens ausbreitet, um die Steine zu calciniren. Bei diesem Durchgange wird der Rauch, der in steter Berührung mit dem in der Luft übrigen Sauerstoffe bleibt, verzehrt und steigert die entwickelte Wärme.

Die durch die Gicht des Ofens eingesetzten Kalksteine fallen in die beiden kreisförmig gebogenen Kanäle f, f am Fuße des Ofens ab, um durch die Seitenmündungen g, g ausgezogen zu werden, wenn sie gar gebrannt sind. Bei e, e sind in dem Cylindermantel Oeffnungen angebracht, mittelst welcher man Luft zum Abkühlen der calcinirten Steine einlassen kann. Endlich sind zwischen dem innern Futter- und äußern Mantel-Mauerwerk bei i, i Zwischenräume angebracht, die mit Sägespänen als einem schlechten Wärmeleiter ausgefüllt sind; h, h sind schmiedeeiserne Reifen zum Zusammenhalten der Ofenmauer.

Als Brennmaterial wird zu diesem Ofen Steinkohle verwandt.

§. 57. Diese continuirlichen Oefen mit großer Flamme sind bei Weitem vortheilhafter, als die nachstehend beschriebenen continuirlichen Oefen mit kleiner Flamme, worin die Kalksteine mit dem Brennstoffe gemischt eingesetzt werden. Jene bringen in der That durch die hohe Länge des Feuerherdes, die Flamme und den Rauch, die von dem Feuer aufsteigen, in beträchtlicher Fläche mit dem Kalkstein in Berührung und hindern die Hitze, in die Atmosphäre auszuströmen. Außerdem bieten sie den Vortheil, daß die Berührung des Brennmaterials mit dem Kalksteine vermieden wird, wodurch dem Kalke die Reinheit und namentlich auch die weiße Farbe, die in vielen Fällen erfordert wird, geraubt wird.

Als Brennmaterial für diese Oefen wird das am billigsten zu beschaffende gewählt, also Braunkohle, Holz und Torf, oder flammende Steinkohle, denn stets muß ein Brennmaterial angewendet werden, welches eine lange Flamme giebt. — Der verschiedene Brennstoff übt auf die Qualität des gebrannten Kalkes keinen Unterschied aus, sobald eine rationelle Ofenanlage vorhanden und das Rohmaterial genau gekannt ist.

Falls beim Brennen mit Steinkohlen der Kalk verglast, so deutet dieses an, daß ein weniger intensives Brennmaterial hierfür ausreicht und die Kohlen zweckmäßig mit Torf vermischt werden. Alle 12 Stunden (Morgens und Abends) geschieht das Ziehen des gebrannten Kalkes und gleich darauf findet auch das Beschicken des Ofens statt.

Zum Ziehen werden zunächst sämmtliche Feuerthüren geöffnet, damit das Feuer etwas abgeht, dann öffnet man die untere Ziehöffnung, räumt den garen Kalk mittelst Krücken nach rechts und links hinter dem Eingange zur Ausziehöffnung fort, worauf dann der in der Höhe befindliche gar gebrannte Kalk ganz allein oder nur mit wenig Nachhülfe in einiger Zeit nachkommt. Alle Auszüge werden auf diese Weise nach und nach geräumt. Nach Entfernung des garen Kalkes bleibt der nicht gut gebrannte Kalk einige Zeit in Spannung hängen, wonach er durch Herabgehen den untern leer gewordenen Theil des Ofens füllt. Hierbei fällt jedesmal Kalk auf die Roste, welcher entfernt werden muß, da der Rost möglichst rein zu halten ist; der Brenner erkennt jedoch an diesen Kalkstücken, ob viel oder wenig Kalk gezogen werden muß. Sind diese Kalkstücke durchgebrannt dann ist unten ein größeres, andernfalls ein geringeres Quantum zu ziehen. Muß viel Kalk gezogen werden, so läßt man ihn zweimal herabgehen.

Das Herabgehen des Kalkes dauert bei größern Oefen durchschnittlich eine halbe Stunde. Ist viel gebrannter Kalk oberhalb der Schürlöcher dann fällt er schwerer; zuweilen vergehen 1 bis 1½ Stunden, bevor die ganze Ladung herunterfällt. —

Nach dem Anfüllen des untern Raumes, des s. g. „Reservator", welcher zum Abkühlen des gebrannten Kalkes dient, werden die Thüren der Ziehöffnungen wieder geschlossen und verschmiert, sowie das Feuern in den Heizlöchern wieder fortgesetzt, und der oben im Ofen freigewordene Raum wird wiederum durch Einwerfen neuer Kalksteine ausgefüllt. —

Durchschnittlich nach 72 Stunden wird oben aufgegebener Kalkstein unten als garer Kalk gezogen. Diese Zeit ist begreiflicherweise von der Güte der Kalksteine, von der Güte der Brennmaterialien und von der Ofenconstruction abhängig.

Wesentlich ist die Anbringung von Luftröhren in den Deckengewölben vor den Ziehöffnungen, um die heiße Luft von dem Kalke abzuführen, weil sonst die Arbeiter bei dem Ziehen des gebrannten Kalkes zu sehr von der großen Hitze zu leiden haben. Gewöhnlich werden bei diesen Oefen drei Feuerungen angebracht, zuweilen aber auch vier und fünf, welche stets gleichmäßig in der Peripherie des Ofengrundrisses zu vertheilen sind. Im Allgemeinen haben sich die Oefen mit drei Feuerungen am besten bewährt, sie müssen stets innen einen runden Querschnitt haben, während sie äußerlich eine sechseckige oder runde Grundform haben können. —

X.

Von den continuirlichen Oefen mit kleiner Flamme.

§. 58. In diesen Oefen wird, ähnlich wie bei den periodischen Oefen mit kleiner Flamme, der Kalkstein in unmittelbare Berührung mit dem Brennmaterial gebracht; sie sind in Rücksicht ihrer Construction viel einfacher und billiger als die vorher beschriebenen Oefen mit großer Flamme; die von dem Brennmaterial bei jenen Oefen entwickelte Hitze wird von dem Kalkstein gänzlich verzehrt. Das Feuer wirkt hier beständig, man braucht es nicht zu dämpfen und wieder anzufachen. Vorzugsweise wird bei diesen Oefen eine geringe

und billige Sorte Steinkohlen, die s. g. „Rost-Gruß-Kohlen, (welche durch 13^{mm} weite Stangenroste gesiebt werden) verwendet und ist diesem Umstande die große Verbreitung dieser Oefen besonders zuzuschreiben. In England sind hierzu Cokes gebräuchlicher, weil dieses Material mehr Hitze erzeugt und frei von bituminösen Theilen ist, die größtentheils auf die Güte des Kalkes nachtheilig wirken, zuweilen wird auch Torf verwandt. Diese Oefen haben aber den Nachtheil, daß der Kern der Kalksteine oft nicht gar gebrannt, deshalb nochmals gebrannt werden muß und daß der Kalk stets mit der Asche oder Schlacke des Brennmaterials gemischt ist, sowie, daß durch den starken Qualm, welche diese Oefen entwickeln, leicht eine Benachtheiligung der Nachbarn eintreten kann und deshalb häufig Processe entstehen. —

Man giebt diesen Oefen entweder die Gestalt eines auf die Spitze gestellten Kegels, an dessen unterm Ende ein Rost sich befindet, durch welchen die zum Verbrennungsproceß erforderliche Luft streicht, oder zweckmäßiger eine ellipsoide Gestalt, die besser die Hitze nach innen concentrirt, und ersetzt den Rost durch eine Sohle, deren Verticalschnitt eine Ellipse ist, an dessen beiden Enden Thüren zum Ausziehen des gebrannten Kalks angebracht sind. Es ist wesentlich, daß diese Thüren hinreichend große Oeffnungen haben, um den Zugang einer zum Verbrennen der Steinkohle mehr als zureichenden Menge Luft zu vermitteln, indem die Erfahrung gelehrt hat, daß die Austreibung der Kohlensäure leichter vor sich geht, wenn ein größerer Überschuß an Luft vorhanden ist. Wenn möglich muß man die Oefen in einem Erdwalle oder Hügel anbringen, damit die Kalksteine an der Gicht angefahren werden können.

§. 59. Fig. 32 und 33 zeigen die Construction eines trichterförmigen Ofens. Die untere lichte Weite beträgt gewöhnlich 1^{m},0 bis 1^{m},6 und die obere lichte Weite 2^{m},5 bis 4^{m},5, während die Höhe 3^{m},8 bis 5^{m},6 mißt. Eine geringere Höhe als 3^{m},8 hat sich als unzweckmäßig erwiesen. Je steiler ein Trichter-Kalkofen an der innern Wandfläche nach oben angelegt werden kann, desto regelmäßiger und besser ist der Brand in demselben zu leiten und desto gleichmäßigere Gare kann der Kalk erhalten. Dieser Zweck ist am besten durch eine größere Höhe des Ofens zu erreichen, wodurch der Zug verstärkt wird und außerdem bei gleichem Durchmesser größere Kalkmengen mit der geringsten Masse Kohlen gebrannt werden können. Wenn daher die Oertlichkeit eine größere Höhe des Kalkofens zuläßt, ist die völlige Ausnutzung zu empfehlen.

Die beste Form ist die eines halben Eies, des s. g. spitzen

Endes desselben, von dem die stärkste Wölbung wegfällt und die größte Weite nach oben gekehrt worden. Fig. 34 bis 36 zeigt einen solchen Ofen. Hierbei ist der Neigungswinkel der innern Wandfläche nach oben stärker und weiter nach unten flacher.

Fig. 32.

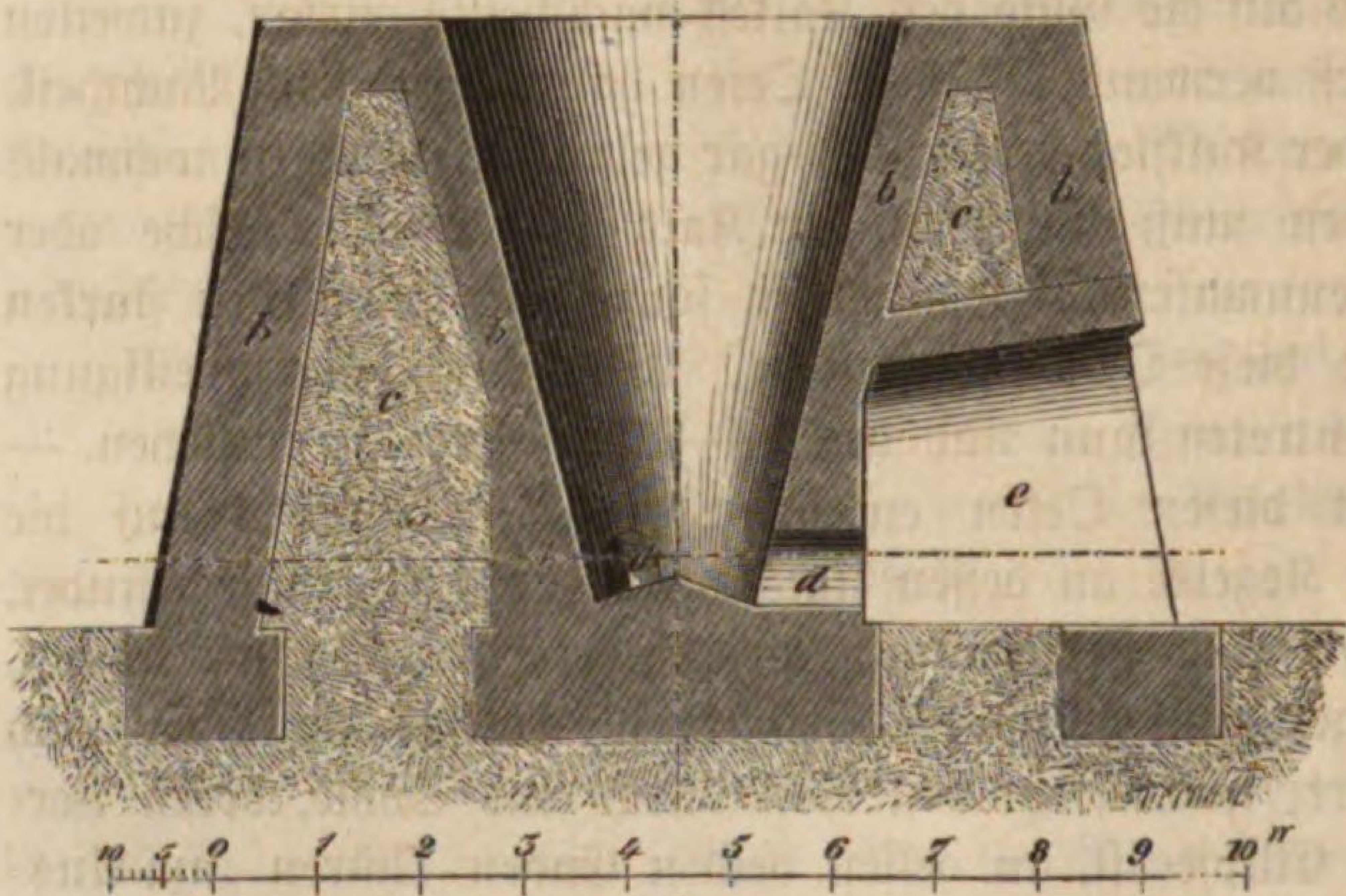
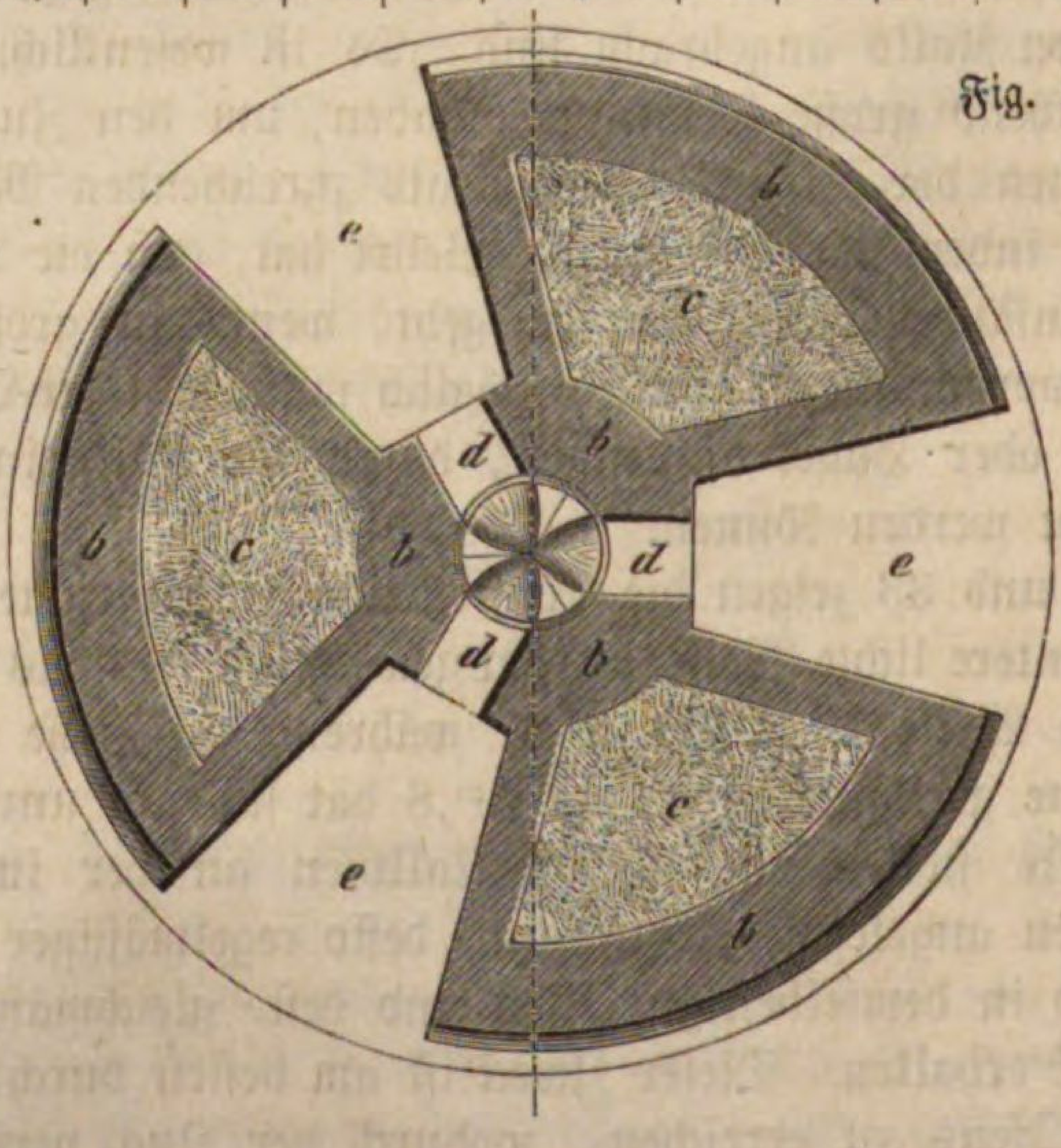


Fig. 33.



Die Oeffnungen zum Ausziehen des gar gebrannten Kalkes auf der Sohle des Ofens richten sich in der Anzahl u. Breite nach der untern Weite des Ofens. Bei ganz geringer Ofenweite reichen 3 Zuglöcher in gleich großem Abstande von einander, jedes zu 0m,6 Breite aus. Bei größerer Weite sind dagegen 4 Zuglöcher erforderlich und ist die Höhe gleich der Breite anzunehmen. Die Gewölbe, welche zu den Zuglöchern führen, müssen so hoch sein, daß ein ausgewachsener Arbeiter aufrecht darin stehen kann. Es ist zweckmäßig, diese Zugänge durch ein ringförmiges Gewölbe wie in Fig. 34 und 35 mit einander zu verbinden, nicht allein zur Communication mit den Zuglöchern, sondern auch zur Abhaltung der Erdfeuchtigkeit, welche sich an Ab-

hängen mehr oder weniger angesammelt und bei mangelnder Absperrung nicht nur dem Ofen viel Wärme entzieht, sondern auch das Zerfallen des gebrannten Kalkes unten im Ofen befördert; außerdem dient dieses ringförmige Gewölbe zum trocknen Lagern des gezogenen gebrannten Kalkes. —

In den Fig. 32 bis 36 bedeuten a feuerfestes Backstein-Mauerwerk, b gewöhnliches Mauerwerk, c Erdschüttung, d Ausziehloch, e gewölbte Zugänge, f ringförmige Kalkscheune. —

Zur Herstellung der innern Wandfläche der Trichter-Kalköfen sind außer feuerfesten Backsteinen am geeignetsten thonige Sandsteine, welche einen möglichst hohen Grad von Feuerbeständigkeit besitzen und im Feuer bei langsamer Erwärmung nicht leicht zerspringen. Ueberhaupt sind hierzu mehr kieselige als thonige Sandsteine zu empfehlen, welche aber möglichst wenig Eisen und nicht so viel Kalk enthalten, daß er leicht sintert, oder nach dem Brennen an der Luft zerfällt. Jeder Bruchstein, der von den letzt erwähnten Mängeln frei ist, liefert in der Regel ein haltbareres Ofenfutter als gewöhnliche Mauerziegel, indem diese leichter vom Feuer zerstört werden. Bei der Ausführung ist auf möglichst glatte Wandfläche des Futters zu sehen, da diese das gleichmäßige Sinken des Materiales im Ofen befördert. —

Die Sohle des Trichter-Kalkofens darf nicht ganz flach oder eben sein, weil sich auf dieser Fläche stets ein Aschenkegel bildet, der die Menge des zerfallenen Kalkes im Ofen vermehrt. Es ist daher zweckmäßig, auf der Sohle einen Kegel, oder noch besser eine drei- oder vierseitige Pyramide mit 45^{cm} geneigten Flächen anzulegen. Die beste Form ist jedoch, die Pyramide oben, wie Fig. 34—36 zeigt, in der Art zu schließen, daß zwei Rippen in Dachform gemauert sich durchkreuzen, und so den Raum zwischen zwei Zuglöchern ausfüllen. Auf diese Weise kann sich an keiner Stelle Asche ansammeln und der gebrannte Kalk fällt durch sein eigenes Gewicht von allen Seiten nach den Ziehlöchern zu, sobald die Arbeiter das Ziehen vornehmen. Um das Ausziehen zu erleichtern empfiehlt es sich die Sohle $0^{m},30$ bis $1^{m},0$ über der Flur der Zugänge anzulegen.

Zum Mantel oder äußern Mauerwerk kann jede Sorte Mauersteine verwendet werden, welche sich überhaupt zu haltbarem Mauerwerke eignet; selbst gewöhnliche Kalksteine können dazu namentlich im Innern der Mauer benutzt werden; die lagerhaftesten werden zur äußern Wandfläche ausgewählt und in möglichst gutem Verbande nicht ganz vertical, sondern etwas abschüssig geneigt aufgemauert.

Fig. 34.

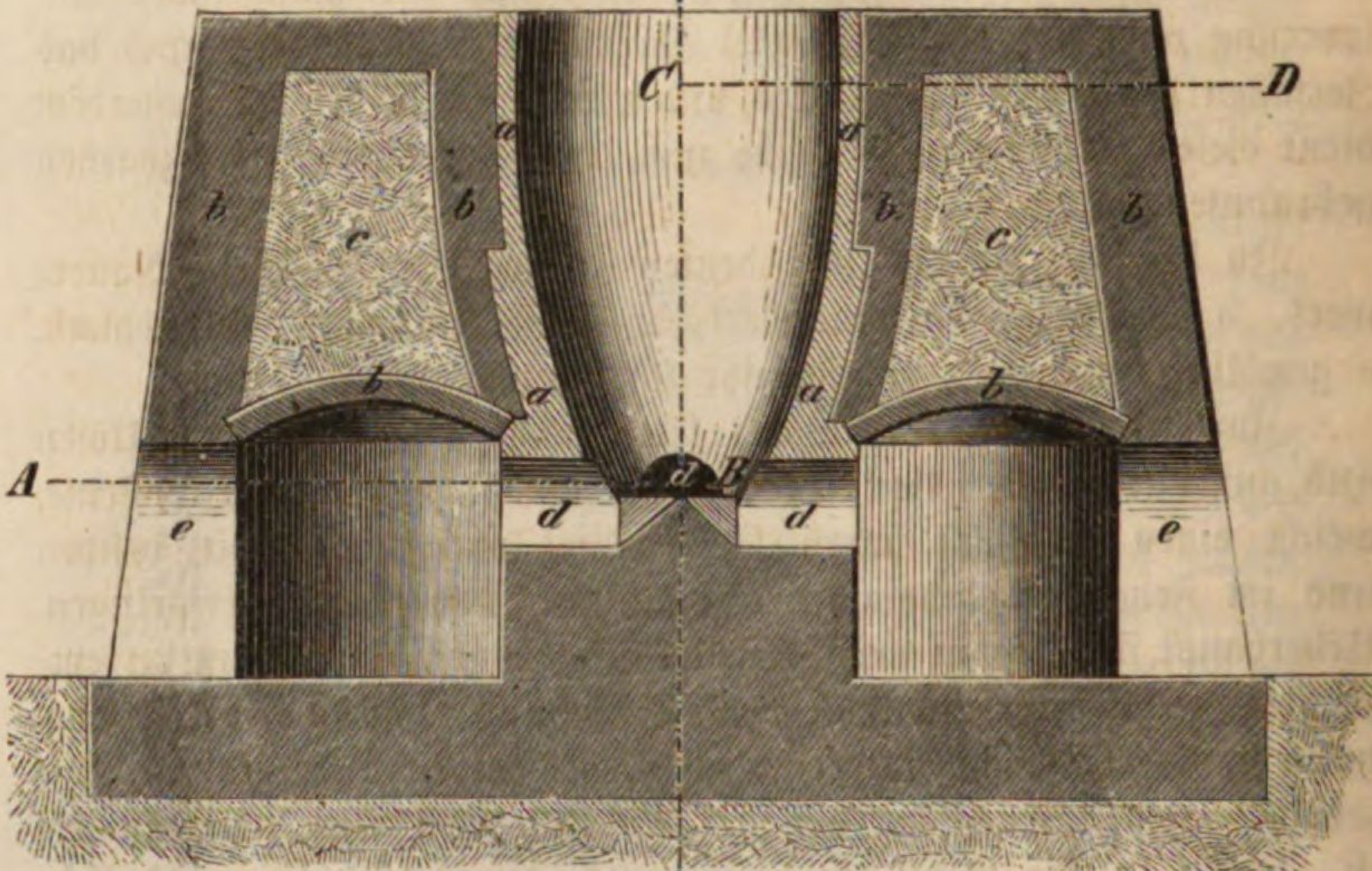
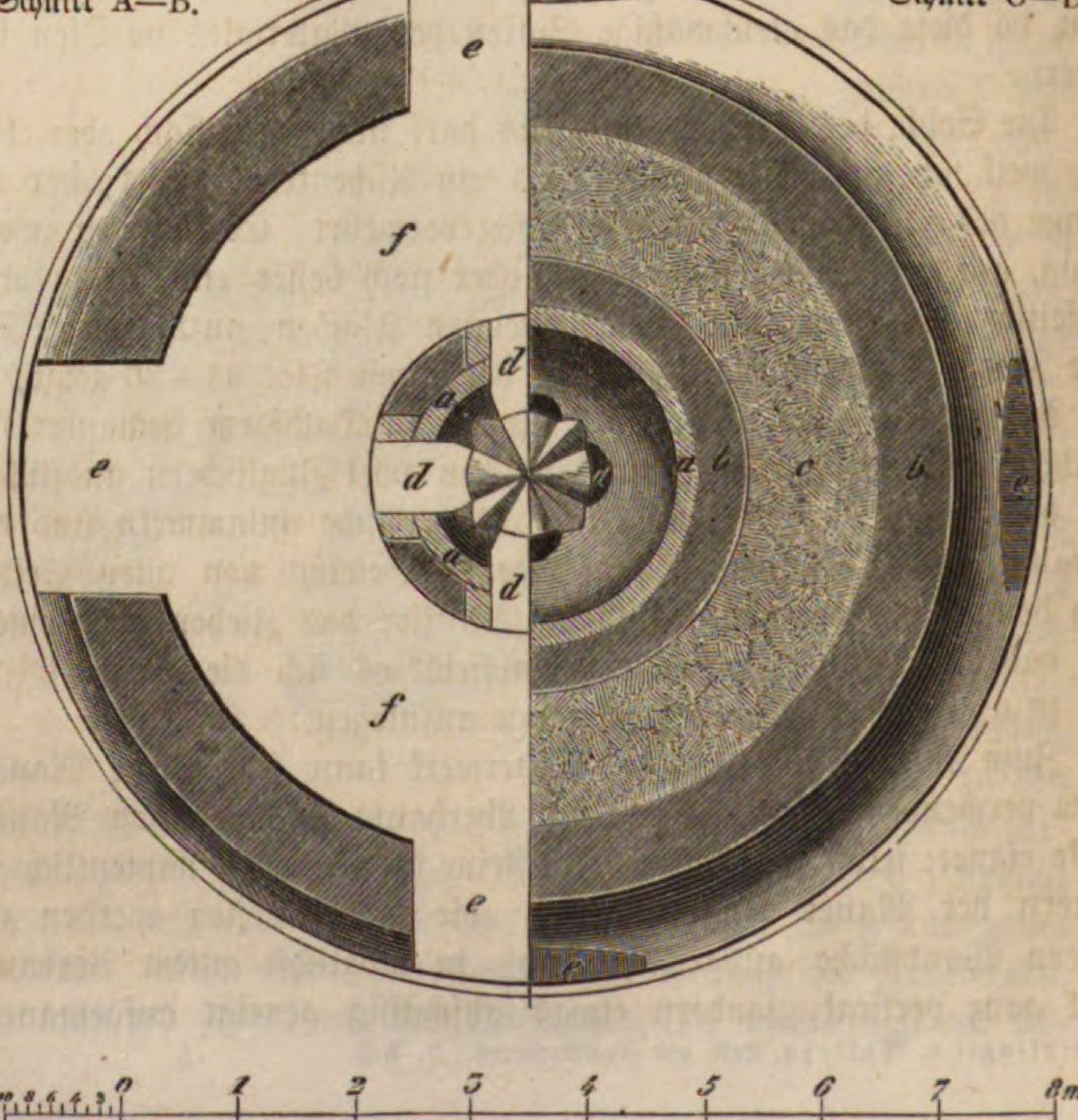


Fig. 35
Schnitt A—B.

Fig. 36.
Schnitt C—D.



Eine solche nach Oben geneigte äußere Wandfläche des Ofens bietet den Vortheil, daß bei der im Feuer unvermeidlichen Ausdehnung jedes Kalkofens mehr Festigkeit gewonnen wird. Zur Ersparung an Mauerwerk wird zwischen dem Kern- und Mantel-Mauerwerk gewöhnlich eine Erdfüllung angenommen, und beträgt dann die Dicke des äußern Mauerwerks $0^{m},75$ bis 1^{m}. Die obere Fläche zwischen dem innern Rande des Ofens und der äußern Mantelfläche muß $1^{m}5$ bis $2^{m}0$ betragen, um beim Füllen des Ofens sich frei bewegen zu können. Die äußere Form ist bei einem einzelnen Ofen am besten rund, weil hierbei an Mauerwerk gespart wird; wo aber darauf Rücksicht zu nehmen ist, daß später noch ein oder mehrere Oefen angebaut werden sollen, ist eine sechsseitige oder achtseitige Form zum Anschluß des Mauerwerks, namentlich zur Befestigung der Widerlager der Gewölbe zwischen den Oefen passender*). Sollte die Anlage einer Rampe für die Zufuhr der Kalksteine und Kohlen nicht leicht einzurichten sein, so kann auch eine Winde zum Aufziehen derselben benutzt werden, oder eine Rampe auf Böcken mit doppelten Gleisen wobei mittelst einer Kette, welche über einen oben befestigten Windebock läuft, die beladenen Wagen aufgezogen, während auf dem leeren Gleise die leeren Wagen nach unten befördert werden.

§. 60. Beim **Betriebe** der continuirlichen trichterförmigen Kalköfen ist das erste Anlegen von dem späteren regelmäßigen Betriebe verschieden. Zuerst wird auf etwa 1^{m}, 0 Höhe eine Quantität Holz der geringsten Qualität, (Reißer, Stuken, Aeste) aufgeschichtet, darauf wird eine mäßig starke Lage grober Steinkohlen (Rostbrocken) gleichmäßig ausgebreitet und darüber eine ca. 30^{cm} starke Lage Kalksteine gelegt. Hierauf wird das Feuer angezündet und sobald dasselbe überall gut durchgebrannt ist, wird eine zweite Schicht von ca. 8^{cm} Stärke mit wenig Rostbrocken und mehr Kohlengries und darüber eine Lage Kalksteine von ca. 30^{cm} Dicke eingebracht, oder wenn das Feuer ganz gleichmäßig in Gang gekommen ist, wird auch wohl gleich eine weitere Kohlen- und Kalksteinschicht, bei welcher die Rostbrocken schon ganz entbehrt werden können, aufgesetzt. Die weiteren Kohlen- und Kalksteinschichten werden erstere stets in einer Dicke von 5 bis

*) In England sind vielfach derartige Kalköfen in Anwendung welche einen sehr schmalen kegelförmigen Schacht haben. Derselbe ist durch ein festes Mauerwerk gebildet, hat ein Schürloch mit Rost, welches gleichzeitig zum Ausziehen des gebrannten Kalkes dient. Der Kalk wird nachdem die unterste Lage auf dem Roste entzündet ist, mit abwechselnden Lagen von Kohlen in den Schacht von oben aufgeschüttet. Die gußeisernen Roststäbe sind 5^{cm} im Quadrat stark.

8^{cm} und letztere von 30 bis 50^{cm} Dicke angeordnet und vor dem Einbringen jeder neuen Doppelschicht wird der Ofen an den Zuglöchern etwas gezogen, damit er Luft bekomme. In der Folge können um so mehr Schichten zu gleicher Zeit aufgesetzt werden, je lebhafter das Feuer brennt und je höher die Füllung im Ofen nach der obern Mündung fortrückt, bis der Ofen ganz gefüllt ist. Zu dieser Zeit ist schon eine solche Menge Kalkstein im Ofen gar gebrannt, daß der regelmäßige Betrieb beginnen kann. Die ersten aus dem Ofen gezogenen Kalksteine sind gewöhnlich nicht ganz durchgebrannt; doch die folgendeu müssen gar sein, widrigenfalls muß man die Kohlenschichten etwas verstärken, auch ist dabei wesentlich, daß die Kalksteine ziemlich gleichmäßig zerschlagen eingesetzt werden, sie sollen höchstens die Größe einer Kegelkugel oder bei platten Steinen die eines Holzschuhes haben. Die Steine welche zum ersten Male nicht gebrannt sind, können in den Ofen zurückgebracht und gebrannt werden.

Bei einem regelmäßigen Betriebe dieses Ofens bestehen die täglichen Arbeiten in folgenden Verrichtungen: Möglichst früh am Morgen wird mit dem Ziehen des gebrannten Kalkes begonnen und zwar abwechselnd an allen Zuglöchern und an denen am stärksten, über welchen der Ofen am meisten der Luft bedarf, wie obenauf leicht zu erkennen ist, oder wo das Material am Futtermauerwerke sich fest gesetzt hat. Im Falle das Material dennoch ungleich sinken sollte, so wird mit einer eisernen Stange, s. g. Lanze an der Futtermauer hinunter gestoßen, um die angebrannten Stellen davon abzulösen. Man hört mit dem Ziehen auf wenn der gebrannte Kalk nicht mehr kalt ist, oder sich brennende Theile zeigen. Wird zu stark gezogen, so hat dies zur Folge, daß beim Ziehen des folgenden Tages ungare Steine herauskommen. Ebenso nachtheilig kann ein zu schwaches Ziehen werden, insbesondere an schwülen Sommertagen bei sehr feuchter Luft, weil alsdann der Kalk im Ofen zerfällt und somit eine große Menge Asche liefert. Es gehört viel Uebung und Aufmerksamkeit dazu, um das richtige Ziehen des Trichterofens vorzunehmen und einen stets gleichmäßigen garen Kalk zu erhalten.

Das Ziehen muß von Zeit zu Zeit etwas unterbrochen werden, um das Feuer nicht zu sehr zu stören und zu tief nach unten zu führen; auch ist es gut, wenn während des Ziehens hin und wieder einige Schaufeln Rostgrieskohlen in angemessener Streuung nachgeschüttet werden, um das Feuer in lebhafterem Gange zu erhalten. Diese Zwischenzeit wird mit Zerschlagen der Kalksteine zweckmäßig ausgefüllt.

Nach beendigter Ziehung wird das Material oben im Ofen mit der eisernen Lanze ebengeschlichtet und dann in der oben angegebenen Weise neues Material aufgeschichtet. Erst kommt eine dünne Schicht etwas angefeuchteter Rostgrieskohlen und dann eine dicke Schicht Kalksteine und so abwechsend weiter bis der Ofen voll ist. Bei starkem Betriebe kann man auch noch 50^{cm} hoch über den obern Rand des Ofens aufsetzen, wenn man die letzten Schichten nach außen sphärisch abrundet. Bei schwächerem Bedarfe kann man den Ofen mehrere Tage ruhig stehen lassen, ohne an ihm zu arbeiten, nur muß man ihn sorgfältig mit sehr feinen Kalksteinstücken und Asche oder feuchter Erde bedecken sowie die Ofenlöcher verschließen. Auf diese Weise kann man den Ofen 8—10 Tage in Gluth erhalten. Soll der Ofen wieder in Betrieb gesetzt werden, so wird die Decke auf der Gicht entfernt und die Ofenlöcher geöffnet. —

XI.

Vom Brennen des hydraulischen Kalks und insbesondere des Kalkmergels.

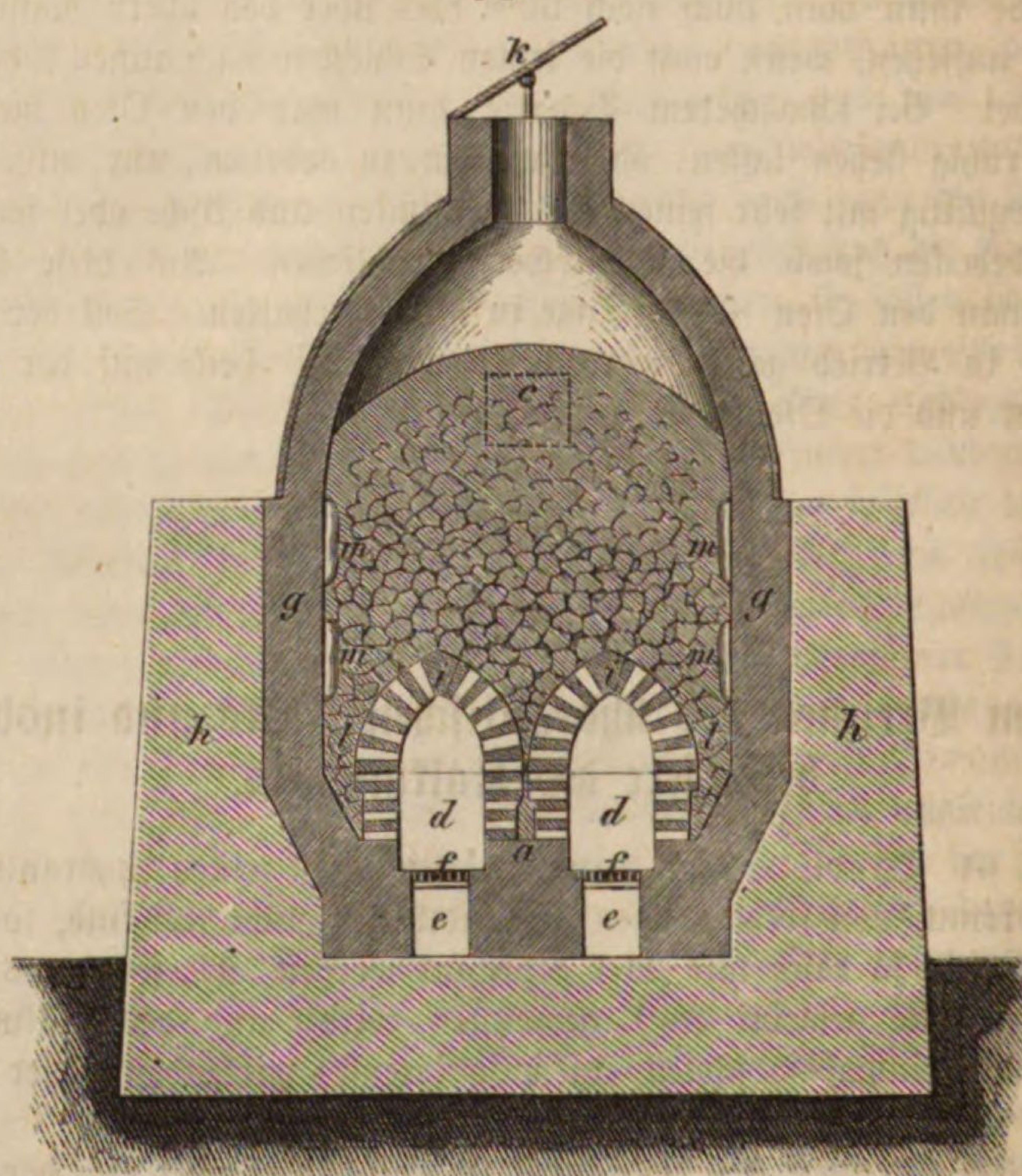
§. 61. Da die Steine, aus welchen man einen hydraulischen Kalk brennt, von frembartigen Bestandtheilen nicht frei sind, so dürfen sie nicht so rasch und stark gebrannt werden, wie jene, aus welchen der fette gemeine Kalk gewonnen wird, und der Kalkmergel darf nicht einmal so schnell einem so intensiv wirkenden Feuer ausgesetzt werden, als die ersteren.

Beim Brennen des hydraulischen Kalks verbindet sich der Kalk chemisch mit Kiesel- und Thonerde; es muß sonach vorzüglich darauf gesehen werden, daß die Steine nicht zusammensintern, was bei einer hohen Temperatur leicht erfolgen, was aber auch vermieden werden kann, wenn man zum Austreiben der Kohlensäure die Hitze nur allmälig und bis auf den erforderlichen Grad steigert. Durch ein zu schnelles und heftiges Erhitzen werden die Steine todtgebrannt, d. h. Kalk und Thon schmelzen zusammen und bilden einen glasirten Stein.

Das vollständige Gelingen des Brennens von hydraulischem Kalk ist von der Erfüllung verschiedener Bedingungen abhängig und mancherlei Vorsichtsmaaßregeln sind dabei zu beobachten. Namentlich erfordert das Brennen des Kalkmergels — besonders wenn dieser

die Eigenschaft besitzt, daß er leicht zerdrückbar ist, somit seine am Gewinnungsorte ausgebeuteten Stücke in ihrer Form zu Einsätzen nicht geeignet sind — eine außergewöhnliche Behandlung und Aufmerksamkeit, es soll daher das Brennen des Kalkmergels ausführlich beschrieben werden.

Fig. 37.

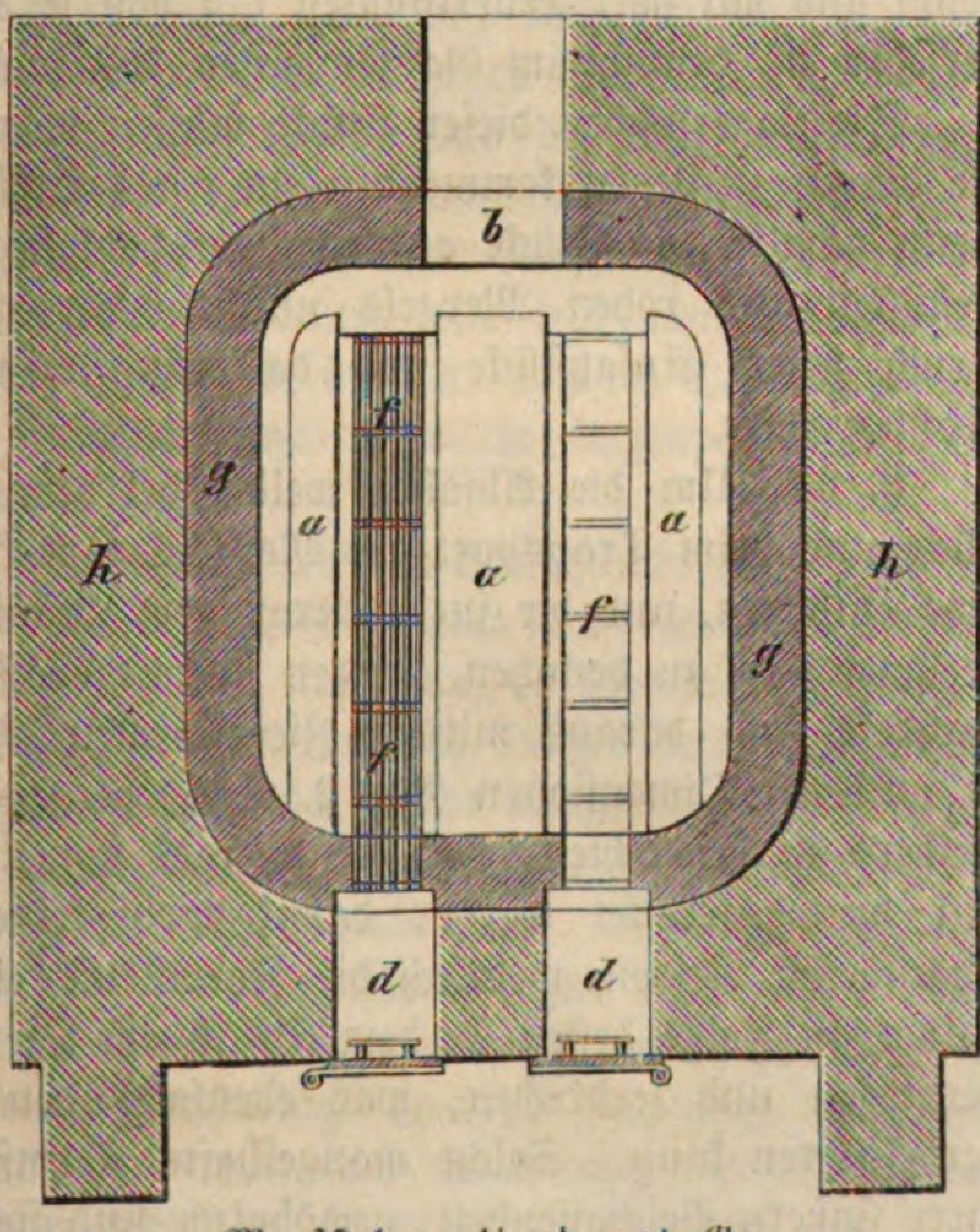


§. 62. Am besten bedient man sich zu diesem Brennen eines periodischen Ofens, ähnlich dem in Figg. 9. und 10. dargestellten, wobei die Feuerkanäle bereits mit feuerfesten Ziegeln überwölbt sind und das Einsetzen der Kalkmergel-Stücke keine besonderen Schwierigkeiten macht. Man kann jedoch auch den Mergel in dem in Figg. 37. und 38. im senkrechten und Horizontalschnitt (= $^1/_{96}$ der natürl. Größe) dargestellten Ofen brennen, wobei die Feuergewölbe durch besonders zugerichtete Mergelstücke hergestellt werden.*)

*) Wird der hydraulische Kalk aus harten Steinen und Kalkmergelnieren gebrannt, so werden die Feuerkanäle aus dem Gestein in der Weise wie zum Brennen

Bei diesem Ofen sind a, a die Bankette für die Pfeiler zur Einwölbung der Feuerkanäle; b eine Einsatzthüre zum Einführen des zu brennenden Materials; c Oeffnungen in der Ofenkuppel zum Einbringen des oberen Satzes; d, d Heizlöcher durch verdoppelte in Scharnieren hängende Blechthüren geschlossen; e, e Aschenfälle, f, f Roste, deren Stäbe man entweder aus Gußeisen oder (dauerhafter) aus Schmiedeeisen macht; g feuerfestes und h gewöhnliches Mauerwerk; die Ofenkuppel ist 3 Zoll stark mit hydraulischem Mörtel überzogen; k ist ein Windregulator, bestehend aus einer Eisenblechplatte, welche sich um eine horizontale Drehungsachse bewegen läßt und gegen den herrschenden Wind geneigt werden kann.

Fig. 38.



Maaßstab = 1/96 d. nat. Gr.

Vor den Schürlöchern wird durch ein leichtes Flugdach eine Brennstube hergestellt, worin zugleich das zum Brennen nöthige Holz untergebracht wird; eben so wird auf der entgegengesetzten Seite des Ofens bei der Einsatzthür b ein geschlossener Raum hergestellt, um das auszuladende Material gegen Regen schützen zu können*)

§. 63. Zum Zwecke der Herstellung des Feuergewölbes werden zunächst die größern Mergelstücke mittelst eines circa 2 Pfd. schweren Handbeils auf einem Klotze nach festgesetzten Dimensionen behauen

des fetten (Luft-)Kalkes construirt, und das Brennen überhaupt in den früher beschriebenen Oefen bewerkstelligt.

*) Nach Mihàlik, praktische Anleitung zum Béton-Bau.

oder zugerichtet und dann Einsatzstücke genannt. Gewöhnlich nimmt man folgende Dimensionen an:

Nr. 1. bei 26^{cm} Länge, 13^{cm} Breite und $6\frac{1}{2}^{cm}$ Höhe.

Nr. 2. bei $31-36^{cm}$ Länge, $15-18^{cm}$ Breite und 8^{cm} Höhe; diese Stücke werden für den Fuß der Feuerkanäle gebraucht.

Nr. 3. bei $39-42^{cm}$ Länge, $21-24^{cm}$ Breite und auf der einen Seite $8-10^{cm}$, auf der andern Seite 13^{cm} Dicke, also keilförmig; diese dienen zur Einwölbung.

Ein Ofen, welcher 34,12 Cub.-Met. (1080 Cub.-Fuß) Inhalt besitzt und mit zwei Feuerkanälen f, f von je $3^{m},80$ (12 Fuß) Länge versehen ist, braucht im Ganzen gegen 700 solcher Einsatzstücke.

Die Lagerflächen dieser Stücke müssen möglichst eben sein, damit die darauf zu liegen kommenden ein festes Auflager finden, da sonst, wenn nämlich die Stücke auf einander hohl liegen, (bei der geringen Festigkeit des rohen Mergels und bei der großen Belastung) der Bruch jener Einsatzstücke und das Einstürzen des Kanals zu befürchten wäre.

§. 64. Um die Abfälle, welche bei dem Zurichten der Einsatzstücke und beim Transport des Mergels vom Bruche bis zum Brennofen entstehen, und die in pulverartigem Zustande zum Brennen nicht geeignet sind, zu benutzen, werden sie mit Wasser in einen Teig verwandelt und daraus mittelst Ziegelformen Formsteine (Kalksoden) in zweierlei Dimensionen (Nr. 2. u. 3.) hergestellt. Es ist dabei besonders zu beobachten, daß der Mergel schnell bei der Einsumpfung gut durchgearbeitet werde, damit darin keine allzu großen Stücke unaufgelöst bleiben, wodurch die Formsteine ein lockeres Gefüge erhalten, in Folge dessen sie dem Drucke im Ofen nicht zu widerstehen vermögen und zerbrechen, was ebenfalls den Einsturz des Kanals herbeiführen kann. Solche mangelhafte Formsteine erkennt man an ihrer äußern Beschaffenheit; gewöhnlich sind sie verzogen und haben eine poröse Oberfläche. Zu den Feuerkanälen dürfen sie alsdann nicht verwendet, sondern müssen oberhalb derselben an geeigneten Stellen eingesetzt werden; ferner daß unausgetrocknete oder mit Sprüngen behaftete Formsteine für die Kanäle gleichfalls unbrauchbar und unter die unregelmäßigen Stücke im Ofen einzusetzen sind.

Abgesehen von dem Vortheile, daß auf diese Weise kein Abfall des werthvollen Materials nutzlos verloren geht, so kommt die Erzeugung der für den Einsatz eines Ofens nöthigen Kalksoden beinahe um die Hälfte billiger als die gleiche Anzahl zugerichteter Einsatzstücke zu stehen. Außerdem geht der Bau der Feuerkanäle mit ersteren

viel rascher vor sich, da diese gleiche Breite und Dicke besitzen und daher nicht wie bei den zugehauenen Einsatzstücken ein zeitraubendes Sortiren und nachträgliche Zurichtungen derselben nothwendig machen.

§. 65. Bei dem Bau der Feuerkanäle wird zuerst der Rost f mit Brettern belegt, damit hinabfallende Mergelstücke denselben nicht verstopfen und diese Abfälle später durch das bloße Herausziehen der Bretter aus den Heizlöchern beseitigt werden können. Hierauf werden mit den Einsatzstücken oder Kalksoden Nr. 1. u. 2. längs der Bankette a von den Seitenkanälen und längs der mittlern Bankette a doppelt zu legen angefangen, so zwar, daß zwischen dem zuerst gelegten und dem zunächst daneben zu liegen kommenden Stücken ein Zwischenraum von circa 52^{mm} bleibt, was bei allen übrigen ebenfalls zu beobachten ist; diese Zwischenräume bilden ebenso viele Feuerzüge, durch welche das Feuer nach allen Richtungen hin zu spielen vermag. Wird dies nicht beobachtet und legt man die Stücke zu nahe an einander, so steht zu befürchten, daß die Feuerkanäle verbrennen, während die höher und seitwärts liegenden Mergelstücke roh oder halbgebrannt bleiben.

Die Köpfe oder schmalen Seiten der Einsatzstücke müssen mit den verticalen Seiten der Bankette genau in eine Flucht zu liegen kommen. Würden jene über die letzteren vorstehen, so könnten sie leicht bei dem Feuern durch das Hineinwerfen des Holzes beschädigt werden, was für die Stabilität des Kanals immer nachtheilig ist, und nicht selten den Einsturz eines Theiles davon, besonders bevor noch der Einsatz die Rothglühhitze erlangte, herbeiführt. Auf die erste Reihe zugerichteter Einsatzstücke oder Formsteine wird eine zweite in der Weise gelegt, daß jedes Stück derselben die offene Fuge der untern Reihe überdeckt, wodurch neuerdings ähnliche Feuerzüge wie bei der ersten Reihe entstehen; nur muß man dazu solche Stücke nehmen, welche die untere Fuge wenigstens 26^{mm} überdecken, um ein sicheres Auflager zu erhalten.

Bei zugerichteten Einsatzstücken kommt es oft vor, daß die Lagerflächen nicht ganz eben, oder die Stücke ungleich dick sind, in welchem Falle man durch das Unterlegen eines, aus rohem staubartigen Mergel zubereiteten zähen Teiges nachhilft, damit jedes einzelne Stück fest aufliege und jede Schicht eine möglichst waagrechte Ebene bilde; auch durch Unterlagen kleiner Mergelschiefer läßt sich dasselbe, aber nicht so vollkommen, erreichen. Die dritte und folgenden Reihen werden in derselben Weise bis auf eine senkrechte Höhe von 78^{cm} gelegt, wo alsdann der Kanal zugewölbt wird.

Zu dem Ende werden mit Einsatzstücken oder Formsteinen Nr. 3. die übrigen Lagen hergestellt und wenn die Keilform der Stücke nicht ausreicht, durch Unterlegen von Mergelteig und Schiefer die Schichten gegen die Achse des Feuerkanals so geneigt, daß ein 39cm hohes Gewölbe entsteht; endlich wird das spitz zulaufende Gewölbe mit keilförmig behauenen Mergelstücken i, i geschlossen. Auch im Gewölbe werden wie in den untern Schichten überall Feuerzüge offen gelassen.

Die Füllung des Ofens erfolgt schon nach Maaßgabe des Vorschreitens bei dem Bau des Kanals, indem man den leeren Raum l zwischen den Kanälen und Seitenwänden des Ofens mit faustgroßen Mergelstücken ausfüllt, wobei man zugleich längs der Ofenwände in circa 10cm weiten Abständen gespaltene Holzscheite m senkrecht aufstellt, damit nach Verbrennung derselben bei nachmaligem Streckfeuer Feuerzüge entstehen, durch welche die Flamme besser hindurchstreichen kann.

Zur weiteren Füllung über dem Gewölbe wird, mit Ausnahme eines schmalen Streifens, rings um die Wände auf 1m, 58 Höhe die erste Schicht Mergel (in Stücken bis zur Größe eines Menschenkopfes) gelagert; an diese reihen sich seitwärts halb so große Stücke an und der übrige Raum bis zur Wand wird wie früher mit faustgroßen Stücken horizontal aufgeschichtet. Alsdann folgt eine 31cm hohe Lage kleinerer Mergelstücke und zum Schlusse wird der so hergestellte Einsatz mit den kleinsten nußgroßen Stücken 15—20cm hoch überschüttet.

Das Einsetzen geschieht anfangs durch die den Heizlöchern gegenüberliegende Thür b, welche nach Maaßgabe der vorgeschrittenen Höhe der Ofenladung mit gebrannten Ziegeln zugestellt wird. — Nachdem die Ladung beinahe die Höhe dieser Thür erreicht hat, so erfolgt die weitere Füllung des Ofens bis zu deren Beendigung durch die in der gemauerten Ofenkuppel angebrachten beiden Oeffnungen c. Letztere werden auch mittelst Ziegeln zugestellt, wenn der Ofen vollends gefüllt ist, und beide ebenso wie die große Einsatzthür b äußerlich mit Lehmmörtel gut überworfen, um die Luft nicht zutreten zu lassen. Endlich werden noch die den Rost bedeckenden Bretter aus den Feuerkanälen gezogen, wonach die Feuerung beginnen kann.

§. 66. Am besten werden zum anfänglichen schwachen Feuer grobe, schwer spaltbare Holzscheite genommen, bei deren Verbrennung sich wenig Flamme entwickelt. Die Dauer dieses sog. Schmauch-

feuers hängt blos von der Feuchtigkeit der zugerichteten Mergelstücke und Formsteine in den Feuerkanälen ab. Unter Umständen sind 24 Stunden zu ihrer allmäligen Austrocknung erforderlich, bevor man das Feuer zu verstärken (zu strecken) wagen darf.

Bald nach Beginn der schwachen Feuerung nehmen die Mergelstücke des Kanals eine schwärzliche Farbe an, die sich mit der fortschreitenden Austrocknung nach und nach verliert, bis der Mergel wieder seine anfängliche Weiße erhält. Dabei entweichen aus der Mündung des Kamins weiße Dämpfe, die anfangs stark sind, gegen Ende der Austrocknung immer schwächer werden, bis sie sich zuletzt ganz verlieren.

Sobald die Kanäle ziemlich ausgetrocknet sind, so kann mit voller Beruhigung die Streckung des Feuers in der ganzen Länge derselben geschehen, wenn auch noch nicht der ganze Einsatz vollkommen ausgetrocknet sein und aus dem Kamine noch Dampf ausströmen sollte. Dieser ist im Gegentheil für die Calcination sehr förderlich, indem der Dampf die Entbindung der auszutreibenden Kohlensäure beschleunigt, was viel langsamer bei ganz trockenem Mergel vor sich geht.

Nachdem die Kanäle ihre Austrocknung erlangt haben, läßt man das bis dahin reichlicher zugelegte grobe Scheitholz zu Kohle verbrennen, und hierauf schiebt man mittelst einer eisernen 12′ (3^{m}, 80) langen Krücke die in der ganzen Länge des Rostes gleichmäßig ausgebreiteten Kohlen bis an das hintere Ende der Kanäle; alsdann wirft man, ebenfalls in der ganzen Länge derselben, dünneres Scheitholz in jeden Kanal, verlegt darauf einfach auf Scheitlänge die Oeffnungen der Schürlöcher in ihrer ganzen Länge und Breite mit gröberen Holzspalten und schließt endlich sowohl die eisernen Heizthüren als auch die Eisenblech-Thüren an den Aschenfällen, damit die heftige Luftströmung unterbrochen wird.

Wenn nach kurzer Zeit aus der Mündung des Kamins ein schwarzer Rauch emporsteigt, so beginnt die Entbindung der Kohlensäure; nach 10 Minuten wird der anfangs stark entweichende Rauch schwächer, bis er nach einer Viertelstunde fast ganz aufhört. Nach etwa 30 Minuten ist erst das eingeworfene Holz völlig verbrannt; die Heizthüren werden nun geöffnet und der zunächst derselben liegende Kohlenhaufen wird mit der eisernen Krücke nach rückwärts längs des Rostes f′ geschoben, wobei die Asche und kleineren Kohlenstücke zwischen den Rostöffnungen durchfallen. Hierauf wird wiederum leichtes Spaltholz in jeden Kanal nach seiner ganzen Länge

geworfen, die Schürlöcher wie früher auf Scheitlänge mit Holz dicht verlegt und die eisernen Thüren geschlossen. Fast jede halbe Stunde wird diese Operation wiederholt und bevor der Mergel in die Rothglühhitze kommt, wird bei jedem Schüren die Menge des eingeworfenen Holzes nach und nach vermehrt, wobei das Feuer am hintern Ende des Kanals stets lebhaft brennen muß. Nach jeder Feuerung muß nachgesehen werden, ob an den Einsatzthüren b und c der Anwurf keine Sprünge erlitten, in welchem Falle dieselben mit Lehmmörtel gut verstrichen werden müßten, um den Luftzutritt zu verhindern. Wird dieses versäumt, so erscheint der Mergel stets schlecht gebrannt, und eine spätere Nachhülfe ist sehr schwierig.

Im Verlaufe des Brennprocesses wird der anfänglich schwarze Rauch nach und nach braun und immer spärlicher, bis endlich, wenn der Mergel die Weißglühhitze erlangt, nur noch weiße Dämpfe aus dem Kamine steigen. In diesem Zeitpunkt ist die größte Vorsicht nöthig, um nicht durch unsinnige Feuerung einen großen Theil des Einsatzes todt zu brennen. Dies ist der Zeitpunkt, wo die Menge des einzuwerfenden Holzes nach und nach vermindert werden muß und wo man sich überhaupt begnügt, nur so viel davon zuzuwerfen, als erforderlich ist, um den Mergel in der bereits erlangten Glühhitze zu erhalten.

Um ganz sicher zu gehen, daß das Feuer überall gleichmäßig wirkt, kann man bei der obern rückwärtigen Einsatzthür c, welche man für kurze Zeit öffnen kann, nachsehen. Auch an dem aufsteigenden Rauche kann man erkennen, wo eine Nachhülfe etwa nöthig ist, denn auf jener Seite, wo der Mergel noch nicht durchglüht ist, steigt brauner Rauch empor. Um ein gleichmäßiges Schüren in beiden Feuerkanälen zu erreichen, ist es rathsam, daß die Brenner bei jedesmaligem Nachfeuern ihre Stellen wechseln, so daß derjenige, welcher zuletzt den rechten Kanal bediente, nun den linken zu besorgen hat.

Binnen 24 Stunden werden circa 30 Schüren gemacht und beträgt dabei die Quantität des verbrannten gespaltenen Holzes ungefähr 9 Klafter von 6 Fuß Länge und Höhe und 3 Fuß Breite. (5,11 Cub.-Meter).

§. 67. Ueber die Regulirung des Feuers bei heftigen Winden oder bei einem vernachlässigten Einsatze, lassen sich nicht leicht solche genaue Andeutungen geben, um in allen Fällen als Leitfaden dienen zu können. Dies muß durch Uebung und Selbstbeobachtung der Resultate erlangt werden.

Die Schornsteinklappe h, die Thürchen der beiden Aschenfälle e, e, die rückwärtige Einsatzthüre b so wie die beiden Kuppelöffnungen c dienen zur Regulirung des Feuers. Mit Hülfe derselben und durch eine den Umständen angemessene Feuerung kann manchen Uebelständen begegnet und ein durchaus gleichmäßiger Brand erzielt werden. Sollten in den Kanälen die Mergelstücke Sprünge erhalten, so ist dies ein sicheres Zeichen, daß das Feuer zu stark ist und die Verglasung der Mergelstücke beginnt. In diesem Falle muß nach dem Abbrennen des eingeworfenen Holzes das Quantum desselben bei dem nächstfolgenden Schüren vermindert werden und alle Oeffnungen des Ofens müssen möglichst luftdicht verschlossen werden. Aus Probestücken, die etwa 2 Stunden nach jedem Schüren durch die hintere Kuppelöffnung c herausgenommen werden, wird auf den Grad des vorgeschrittenen Brennprocesses geschlossen.

Der Brand ist beendet, wenn diese Mergelproben nach ihrer in wenigen Minuten erfolgten Abkühlung, in kleine Theile zerschlagen, eine durchaus gleiche Farbe haben und beinahe um die Hälfte ihres frühern, vor dem Brande gehabten Gewichtes leichter sind. Das zuletzt eingeworfene Holz läßt man in diesem Falle abbrennen und hält den Ofen wo möglich noch 6 Stunden lang geschlossen.

Ungebrannte Stücke sind von außen und innen dem rohen Mergel ähnlich und haben an Gewicht beinahe nichts verloren. Schwachgebrannte Stücke haben, wenn man sie entzweibricht, im Innern eine andere Farbe als von Außen; die Gewichte bleiben fast unverändert.

Zu stark gebrannte Stücke, die zuweilen in den Feuerkanälen (jedoch nur in Folge einer Nachlässigkeit) vorkommen, sind an der Außenseite schwärzlich von Farbe mit verglaster, zerrissener Oberfläche, innerlich ziegelroth, dabei im Vergleich zu ihrem Volumen sehr schwer, gegenüber dem gut gebrannten Kalk.

§. 68. Zur Ausfuhr der Ofenladung werden zunächst die Einsatzthür b und die beiden Kuppelöffnungen c gelüftet, um die Abkühlung zu beschleunigen.

Alsdann werden die Roste mit Brettern belegt, um das Durchfallen des Mergels und Verunreinigen desselben mit Asche und Kohlen zu verhindern.

Die Ausfuhr wird durch die Einsatzthür b bewirkt, indem man so viele von den Ziegeln (mittelst denen sie zugestellt war) wegnimmt, als nothwendig ist, um den gebrannten Mergel in Weidenkörbe bequem füllen zu können. Die gefüllten Körbe werden, wenn der Kalk

zur Versendung bestimmt ist, in mit Papier verklebte Fässer verpackt, oder, wenn man ihn an Ort und Stelle gleich ablöschen und verwenden kann, oder aber, wenn er die Eigenschaft besitzt, sich nicht eher gehörig ablöschen zu lassen, als bis er zu feinem Pulverstaub vermahlen ist, in einen zweiräderigen Handkarren verladen. Auf diesem Karren fährt man den Kalk zu einer möglichst in unmittelbarer Nähe befindlichen Kalkmühle, um ihn hier zu feinem Pulver zu vermahlen und zu sieben. —

XII.

Verschiedene Constructionen von Kalköfen, welche durch die Hitze anderer Oefen betrieben werden.

§. 69. In Fig. 18. und 19. theilten wir schon einen Kalkofen mit, in welchem zu gleicher Zeit Backsteine mit gebrannt werden können; es ist dabei der Kalk die Hauptsache und die Backsteine ein Nebenproduct; im zweiten Theil werden wir noch mehrere Ziegelöfen mittheilen, wobei zugleich Kalk mit gebrannt werden kann. Hier sollen nun noch einige andere Oefen beschrieben werden, deren entweichende Hitze zum Kalkbrennen benutzt werden kann.

Es giebt eine Menge Operationen, wobei eine ansehnliche Menge Hitze verloren geht, die für unsern Zweck benutzt werden kann, indeß wird es hinreichen, nur einige derselben anzuführen, um den Gang kennen zu lernen, den man in ähnlichen Fällen einzuschlagen hat.

Eins der vortheilhaftesten Heizmittel gewährt die an der Gicht entweichende Flamme der Hohöfen und Hammerwerke. Die Benutzung der daselbst entweichenden Hitze zur Erzeugung des Aetzkalks, dessen Verbrauch so allgemein und großartig, selbst zum Hüttenbetriebe unentbehrlich ist, kann auf eine sehr einfache und wohlfeile Weise geschehen. Die Vortheile, welche sich aus einer solchen Verwendung dieser Flamme, die insbesondere Kohlenoxydgas enthält und einen bedeutenden Antheil an der Erhitzung nimmt, ergeben, liegen zu klar vor Augen, als daß man sie nicht benutzen sollte, wo jene Hüttenanlagen vorkommen und diese entweichenden Gase nicht etwa schon zur Erwärmung der Gebläseluft oder sonst wie verwendet werden.

§. 70. Zu diesem Zwecke baut man einen gewöhnlichen Kalkofen prismatischer Form, nach Dimensionen, welche der Oertlichkeit und der Verwendung des gebrannten Kalks entsprechen, auf die Platform des Hohofens. Die Fig. 39. giebt einen Verticalschnitt und Fig. 40 einen Grundriß einer solchen Anordnung. A ist der Hohofen und B der Kalkofen, die Vordermauer des letztern steht bündig mit dem Rande der Gicht, welcher der Seite der Beschickung gegenüber liegt. Zwei kleine Seitenmauern a, auf die Umfassungsmauer rechts und links der Gicht gestellt, bewahren die Flammensäule gegen den Einfluß der Winde, die bei einiger Heftigkeit deren Richtung verändern würden. Wenn die Platform des Hohofens überbaut ist, dürfte jedoch diese Vorkehrung nicht unbedingt nöthig sein. Die Sohle des Kalkofens liegt etwa 40cm über der Platform und daselbst befindet sich auch die Einmündung b für die Flamme; letztere enthält 0m,45 Weite und Höhe. Sie kann mit einer gußeisernen Platte c, die zwischen Leisten auf und nieder beweglich ist und welche die Oeffnung nach Belieben zu verengern gestattet, geschlossen werden. Die Wände des Ofens werden in Backstein 2—3 Steine stark ausgeführt, die innern Ecken am besten etwas abgerundet; er wird oben zugewölbt, in der Mitte mit einem kleinen Schornstein d und an den 4 Ecken mit Zuglöchern e, e versehen, die zur Beförderung des Zuges, besonders aber zur gleichförmigen Vertheilung der eintretenden Gase dienen. Durch die Seitenöffnung f füllt und entleert man den Ofen, sie wird nach dem Einsetzen mit Backsteinen ausgestellt und mit Lehm verschmiert.

Fig. 39.

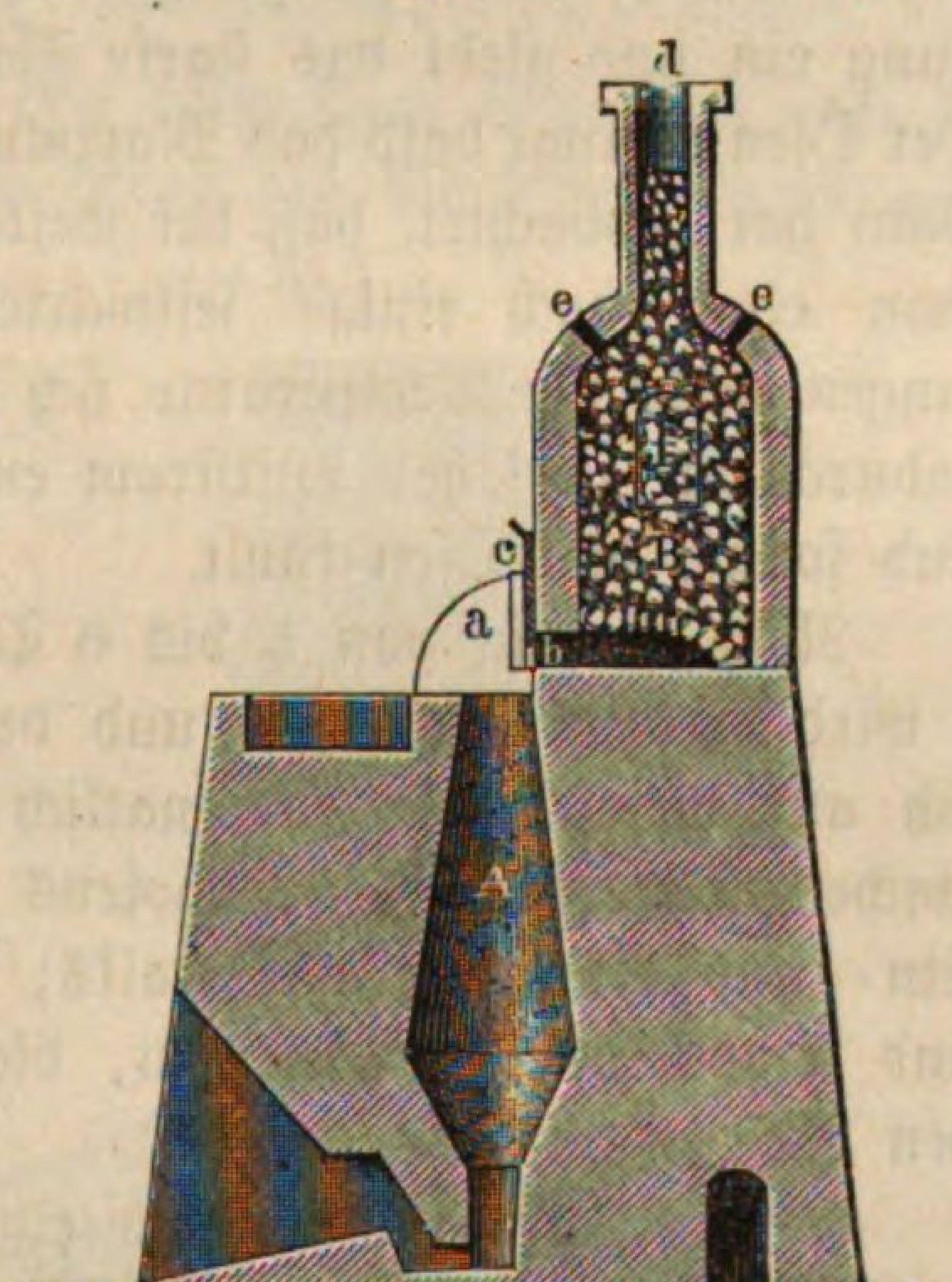
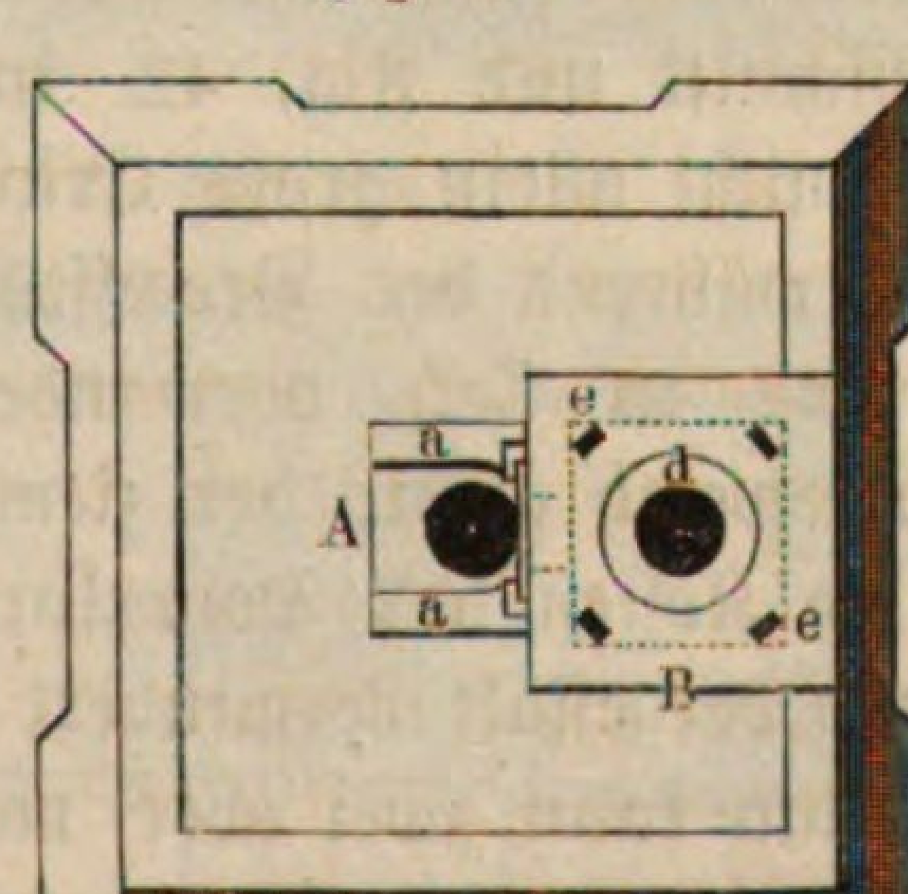


Fig. 40.



Man füllt wie gewöhnlich, indem man zuerst die größern Steine

über der Sohle wölbartig einsetzt und darauf die kleinern bis zu einer gewissen Höhe schichtet, wobei man besonders darauf achtet, daß die Steine sorgfältig gelagert, nicht zu klein und nicht zu dicht ineinander gepreßt sind, weil die Flamme sonst sich dahin ziehen würde, wo ihr der wenigste Widerstand geboten wäre und dadurch eine ungleiche Gare entstehen würde.

Soll nach der Füllung der Ofen geheizt werden, so hebt man die Platte c 5 bis 6 Centimeter; alsbald wird die Flamme eintreten und nach einigem Flackern einen geregelten Gang nehmen. Man unterhält dieses schwache Feuer 24 bis 36 Stunden, hebt dann nach und nach die Platte, bis eine Mündung von 16—20^{cm} Höhe entsteht. Die Flammenzunge zieht nun in ganzer Breite durch die Oeffnung ein und giebt das starke Feuer, welches 3 oder 4 Tage anhält. Der Ofen erlangt bald das Maximum der Hitze und wird weißglühend. Man hat beobachtet, daß bei weiterer Oeffnung der Mündung, wenn man etwa noch einige seitwärts streichende Flammenzungen auffangen will, die Temperatur sich eher vermindert, als erhöht, weil dadurch ein zu jäher Luftstrom entsteht, der sich nicht gehörig erhitzt und sonach den Ofen kühlt.

Nach Verlauf von 5 bis 6 Tagen ist der Kalk gar, der Schieber c wird hierauf geschlossen und der Ofen kann abkühlen; es lassen sich auf diese Weise allmonatlich vier oder mindestens drei Brände machen. Der Gang des Hohofens leidet nicht im Geringsten von dem Ein- und Aussetzen des Kalks; der Kalkbrenner arbeitet zur Seite und kommt den Hüttenleuten, die vor der Gicht einfüllen, nicht in den Weg. —

§. 71. In England, wo eine starke Cokefabrikation stattfindet, brennt man gleichfalls Kalksteine mit Hülfe des Wärmeüberschusses, der bei dem Verkohlen zu Gebote steht. Eine solche von Heathom in Maidstone eingerichtete Anlage ist in Fig. 41. in einem senkrechten Durchschnitt und Fig. 42. in einem Grundriß dargestellt. Sie gewährt nicht allein große Ersparnisse, weil die zu verkohlenden Steinkohlen während des Processes den Kalkstein calciniren, sondern auch, weil das in Coke verwandelte Kohlenklein (Gries) einen solchen Handelswerth giebt, der ziemlich dem der Stückkohlen gleich ist, sodaß die Kosten des Doppelprocesses des Kalkbrennens und der Verkohlung dergestalt vermindert werden, daß sie gleich Null kommen. —

Man kann zwei oder mehrere Cokeöfen A A um den Kalkofen B herumlegen, letzterer communicirt durch die Oeffnungen a, a mit den Cokeöfen. Diese werden mit Steinkohlen durch die in der

Vordermauer des Ofens angebrachten Mundlöcher b, b gespeist, welche mit eisernen Thüren geschlossen sind. Die Thüren haben in dem obern Theile eine horizontale länglich viereckige Oeffnung, durch welche die zur Verbrennung der bituminösen und entzündlichen Theile nöthige atmosphärische Luft zutritt.

Die aufsteigenden Flammen treten in den Kalkofen durch eine Reihe Oeffnungen a, a, und damit der Zug auf der einen Seite die Verbrennung auf der entgegengesetzten Seite, d. h. im andern Ofen nicht schwächt, ist in der Mitte des Kalkofens eine Zunge d aufgemauert, wodurch die Flamme und die Hitze gezwungen werden, sich durch die ganze ausgebreitete Masse der Kalksteine zu drängen.

e, e sind die Seitenmauern des viereckigen Schachtes, der die Kalksteine aufnimmt, von oben bis herab auf die Eisenstangen c, c, die den Rost bilden, und die ganze Masse tragen. In den Seitenmauern sind an verschiedenen Stellen Oeffnungen g, g angebracht, deren Zweck ist, das Senken des Kalkes zu erleichtern, indem die eisernen Thürchen geöffnet werden und durch die Oeffnungen der Kalk mit Schürstangen aufgelockert wird. Andere dergleichen Oeffnungen befinden sich bei h, h in den Cokeöfen, um die Seitenkanäle a, a leicht reinigen und den Flammen freien Durchzug bieten zu können.

Fig. 41.

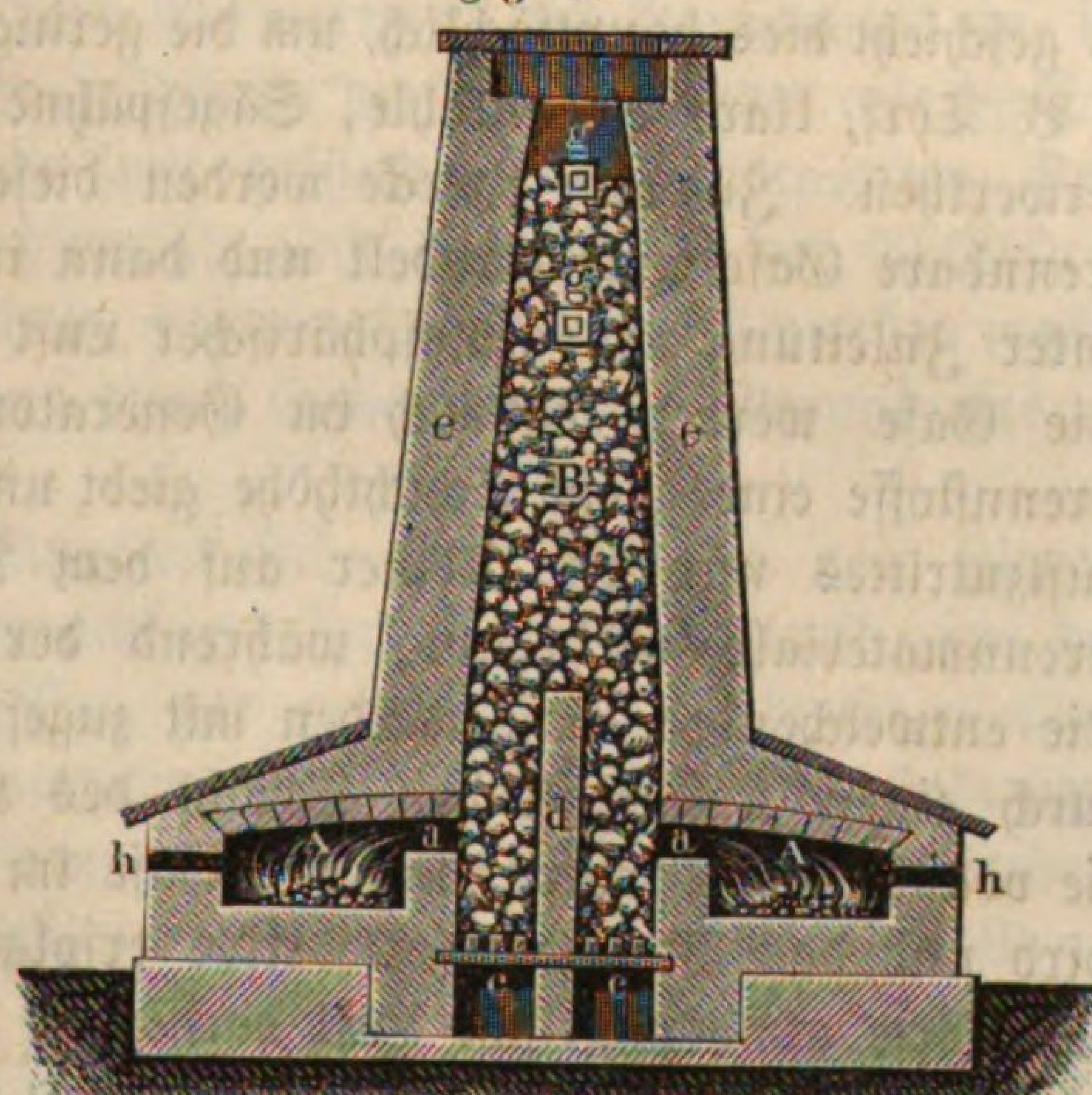
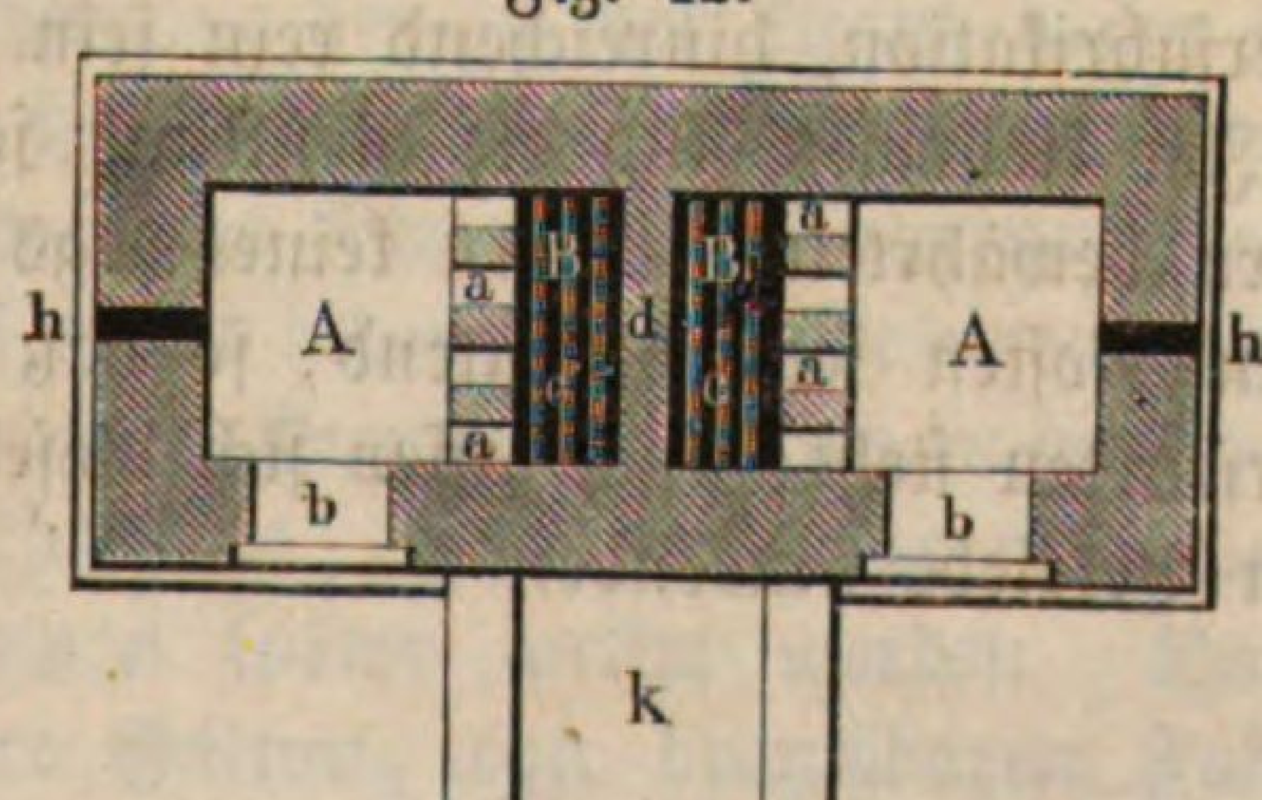


Fig. 42.



Die Steine werden in Körben durch einen Krahnen hinter dem Ofen aufgewunden; oben ist eine Platform mit Brustlehnen angebracht, um sicher arbeiten zu können.

Wenn der Kalkofen völlig gefüllt ist, schließt man den Aschenfall unter dem Roste entweder mit Backsteinen oder mit einem mit Sand gefüllten eisernen Kasten, um die äußere Luft ganz abzusperren, damit keine ausstrahlende Wärme verloren gehe; denn wenn die Operation im Gange ist, darf nicht anders die atmosphärische Luft zutreten, als durch die Register in den Thüren b, b der Cokeöfen. Nach Calcinirung von ungefähr zwei Dritteln der Masse nimmt man den obengedachten Verschluß, sowie auch einige der beweglichen eisernen Roststangen c, c hinweg, damit der Kalk sich herabsenken kann, den man dann auf Schubkarren von der Rampe k abfährt; man füllt dann unmittelbar wieder nach. Der Coke wird durch die vordern Thüren b, b herausgezogen; die mittlere Zeit des Garbrennens von Kalk ist fast dieselbe wie bei den andern Oefen. —

§. 72. Zuweilen werden auch sogenannte Siemens'sche Gasgeneratoren oder Gasöfen zum Brennen von Kalk verwendet; es geschieht dies hauptsächlich, um die geringsten Sorten Brennmaterial z. B. Torf, klare Braunkohle, Sägespähne, schlechte Steinkohle 2c. zu verwerthen. Zu dem Zwecke werden dieselben in diesen Gasöfen in brennbare Gase umgewandelt und dann in den eigentlichen Kalkofen unter Zuleitung von atmosphärischer Luft zur Verbrennung gebracht. Die Gase werden dadurch im Generator erzeugt, daß man dem Brennstoffe eine große Schichthöhe giebt und in Folge des beschränkten Luftzutrittes nur ein kleiner auf dem Roste liegender Theil des Brennmaterials verbrennt, während der andere Theil vergast. — Die entweichenden Gase werden mit zugeführter atmosphärischer Luft durch einen Kanal in den Schacht des Kalkofens geleitet, wodurch die vollständige Verbrennung der Gase im Innern des Ofens bewirkt wird und das Brennen des Kalkes erfolgt. Es wird empfohlen, die zugeführte atmosphärische Luft vorher zu erwärmen.

Derartige Oefen sind in Böhmen in Zuckerfabriken mehrfach ausgeführt; die gewonnene Kohlensäure soll, für die Zwecke der Zuckerfabrikation, hinreichend rein sein.

Im Uebrigen sind die Resultate solcher Oefen im Vergleich mit andern bewährten Kalköfen keineswegs günstiger und sind die Herstellungskosten sehr bedeutend, so daß ihre weitere Einführung nicht zu erwarten steht; auch lassen sich dieselben nur bei einem continuirlichen Betriebe anwenden. —

XIII.

Vom Kalkbrennen in continuirlichen Ring- und Kanalöfen.

§. 73. Die Hoffmann'schen s. g. Ringöfen, welche im 2. Bande unter den continuirlichen Ziegel-Brennöfen ausführlich besprochen werden, sind auch vielfach zum Brennen von Kalk und Cement empfohlen worden. Die allgemein ungünstigen Erfolge der Ringöfen zum Kalkbrennen sind aber leicht erklärlich, indem diese Ofenconstruction den nothwendigsten Bedingungen und Erfordernissen für den Kalkbrennerei-Betrieb nicht im mindesten entspricht. Bekanntlich werden diese ringförmigen, in einzelne, mit einander communicirende Kammern abgetheilte Oefen derart betrieben, daß die abziehenden Feuergase einer Kammer zum Vorwärmen des Brenngutes in die folgende Kammer eintreten während die zum Brande erforderliche Luft durch die vorliegenden mit heißem, fertig gebrannten Gute erfüllten Kammern hindurchstreicht, und hier die bei der Abkühlung des letzteren abgegebene Wärme aufnimmt, und dadurch nutzbar macht; dabei erfolgt die Befeuerung durch Einschütten des Brennstoffes in die Heizkammern von Oben.

So zweckmäßig die Ringöfen sich zum Brennen von Ziegeln erwiesen haben, desto unbrauchbarer sind sie, wie bemerkt, für den Kalkbrennerei-Betrieb. — Der gar gebrannte Kalk bleibt nämlich, behufs Abgabe der aufgenommenen Wärme während einer bedeutend längeren Zeit in dem Brennraume als bei sämmtlichen vorstehend beschriebenen Ofenconstructionen; er wird dabei von der ganzen Menge der vorzuwärmenden Luft bestrichen und nimmt hierbei bedeutende Mengen von Kohlensäure und Wasser auf. In Folge dessen wird der Kalk mürbe und zerfällt zum Theil. —

Außer diesem Haupt-Nachtheile, der in der Natur dieser Oefen liegt und nicht zu beseitigen ist, haben dieselben noch einen andern Constructionsfehler, nämlich daß das Brenngut an den verschiedenen Theilen des Ofenquerschnittes einen bedeutend verschiedenen Hitzegrad bekommt. Dieser Umstand fällt beim Brennen von Ziegeln viel weniger ins Gewicht, als beim Kalkbrennen, denn die mehr oder weniger scharf gebrannten Ziegel können später sortirt werden. Dagegen giebt es beim Kalk nur eine Gattung von brauchbarem Fabrikat. Eine zu niedrige Temperatur genügt nicht zum Garbrennen des Kalkes

und veranlaßt häufig eine erhebliche Menge ungenügend gebrannter Waare, während eine in derselben Brennkammer waltende zu starke Hitze bei mergeligen Kalksteinen viel todtgebrannte Waare erzeugen kann.

Ferner ist das Einsetzen der rohen Kalksteine in die Brennräume des Ringofens schwieriger und zeitraubender, indem durchlaufende, mit den Beschickungsschächten communicirende Schürgassen gesetzt werden müssen, was bei der großen Ungleichheit der Steine und der großen Zahl der Heizschächte schwer ins Gewicht fällt, mithin wesentlich schwieriger und bei höhern Arbeitslöhnen beträchtlich kostspieliger ist, als das Einbringen in Setzöfen, namentlich aber in Cylinderöfen.

Endlich ist der gewonnene Kalk bei der sogenannten directen Befeuerung mit den Rückständen der Brennmaterialien gemischt und zeigt eine röthliche oder auch schwarzgraue Färbung, nie aber die schöne gelbe Farbe, welche man in den oben beschriebenen Oefen mit großer Flamme erzielt.

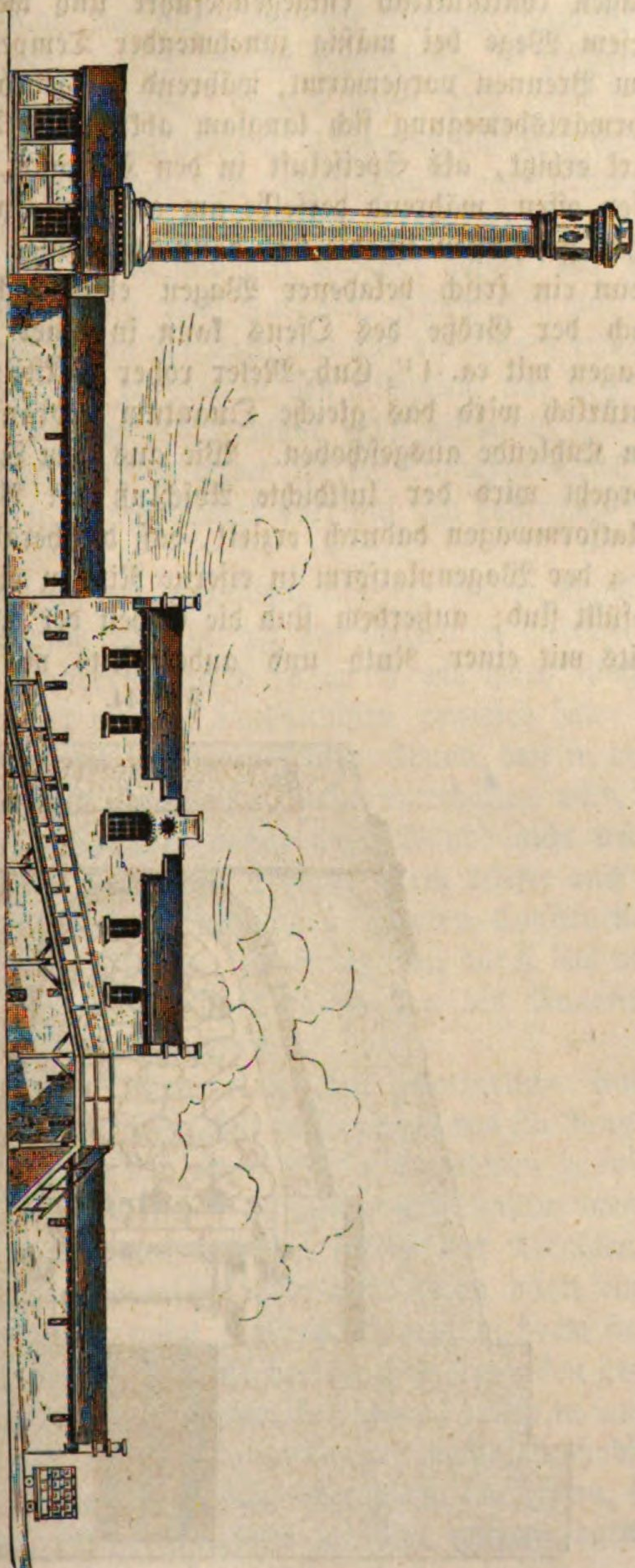
Zwar stellt sich der Verbrauch an Brennmaterial geringer als in den Setz- resp. den Cylinderöfen, allein dieser Vortheil wiegt nach den übereinstimmenden Erfahrungen die erwähnten großen Nachtheile lange nicht auf und wird zum größten Theil durch das nicht unbeträchtlich höhere Anlagekapital welches die Errichtung eines Ringofens erfordert, wieder ausgeglichen. —

§. 74. Ganz anders sind die Verhältnisse in dieser Beziehung mit dem in neuester Zeit erfundenen Bock'schen continuirlichen Kanalofen und scheint sich derselbe ganz vorzüglich auch zum Kalkbrennen zu eignen. Diese interessante Ofenconstruction wird ausführlich unter den continuirlichen Ziegelbrennöfen beschrieben und abgebildet werden. Die Construction ist noch zu neu und konnten bisher nur Versuche zum Brennen von Kalk in kleinern Quantitäten in einem zum Ziegelbrennen construirten Kanalofen angestellt werden, die indeß sämmtlich günstig ausfielen, während ein besonderer Kanalofen zum Brennen von Kalk und Cement erst in der nächsten Zeit ausgeführt werden soll.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes theilen wir in nebenstehender Fig. 43. eine Ansichtskizze des in Braunschweig ausgeführten Bock'schen Kanalofens mit, sowie in Fig. 44. einen Querschnitt des vom Ingenieur Bock zum Brennen von Kalk und Cement construirten Kanalofens der in der Kürze in Hannover ausgeführt werden soll. Zur Erläuterung fügen wir hier nur folgende kurze Beschreibung bei, während wir diejenigen, welche genauere Angaben über diese Oefen wünschen auf den 2. Theil unsers Werks verweisen.

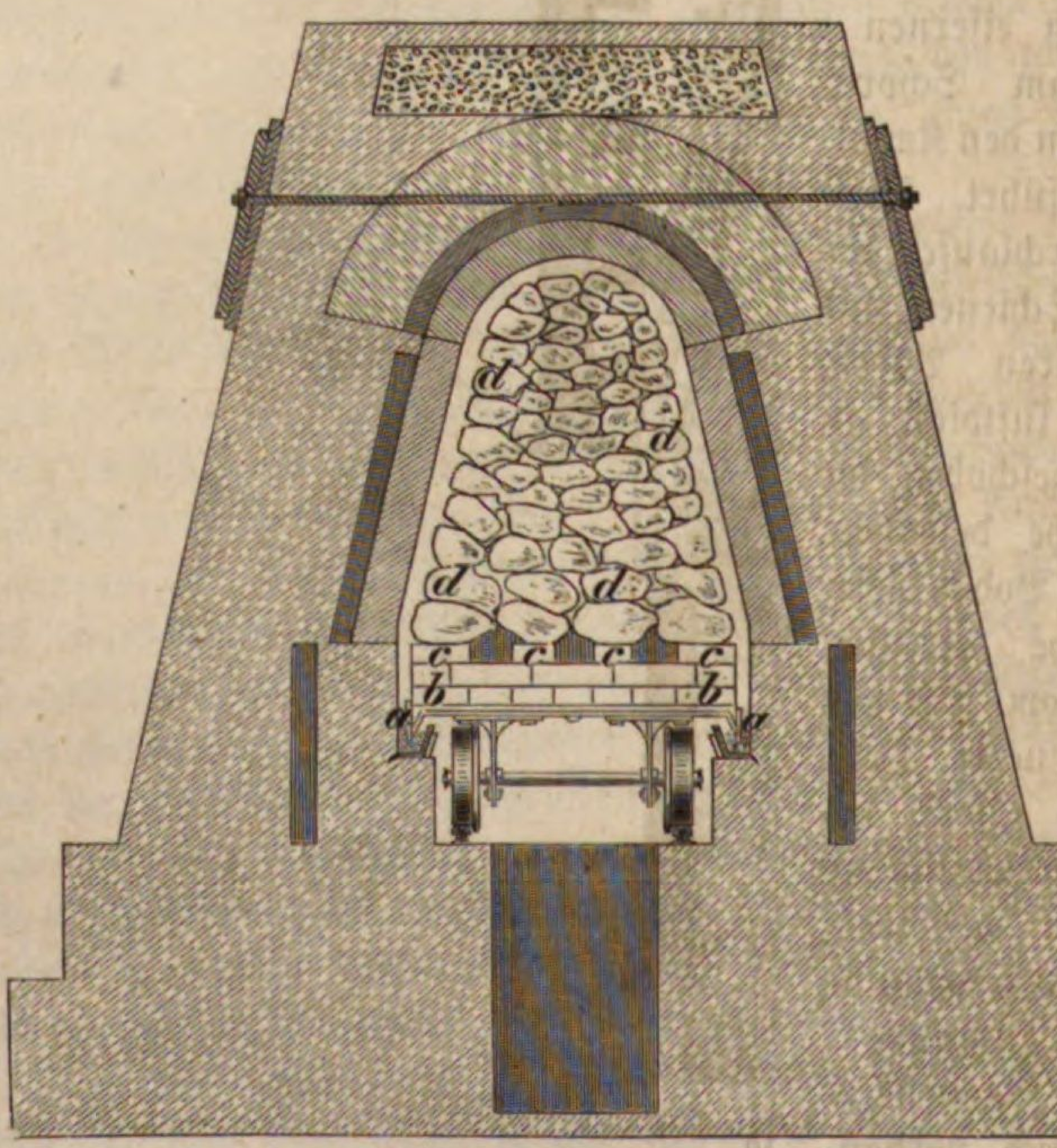
Dieser Ofen besteht aus einem langen, von Chamotte- und Ziegelsteinen gemauerten Kanale, dessen Längen- und Querschnittdimensionen von der beanspruchten Leistungsfähigkeit abhängig sind. Auf dem einen Ende dieses Kanals befindet sich ein ca. 20m hoher Schornstein, in welchen die Rauch- u. Dampfkanäle des Ofens einmünden. Die zu brennenden Waaren werden nun auf hierzu construirten eisernen Wagen am Schornsteinende in den Kanalofen eingeführt. Diese Wagen durchlaufen den Ofen auf Schienen, und bilden deren Böden, im Ofen luftdicht an einander geschoben, die Grundfläche desselben, unter dem Boden dieser Wagenreihe circulirt ein Luftstrom. Der von oben befeuerte Heizraum des Ofens befindet sich ziemlich in der Mitte desselben, und sind zur Erzeugung höherer Hitzgrade außerdem Gasgeneratoren seitlich vorhan-

Fig. 43.



den. — Dem Heizraume werden die mit Kalk, Cement ꝛc. beladenen Wagen continuirlich entgegengeführt und werden die Waaren auf diesem Wege bei mäßig zunehmender Temperatur geschmaucht und zum Brennen vorgewärmt, während die gebrannten Waaren bei der Vorwärtsbewegung sich langsam abkühlen. Die kühlende Luft tritt, stark erhitzt, als Speiseluft in den Heizraum. Am Kühlende ist der Ofen offen, während derselbe am anderen Ende durch eine luftdichte Thür geschlossen ist, die nur dann auf wenige Minuten geöffnet wird, wenn ein frisch beladener Wagen eingebracht werden soll. — Je nach der Größe des Ofens kann in einer bis zwei Stunden ein Wagen mit ca. $1\frac{1}{2}$ Cub.-Meter roher Kalksteine eingeschoben werden, natürlich wird das gleiche Quantum gebrannter Steine gleichzeitig am Kühlende ausgeschoben. Wie aus dem Querschnitt Fig. 44. hervorgeht wird der luftdichte Abschluß der Böden von den eisernen Platformwagen dadurch erzielt, daß die herabgehenden Seitenränder a, a der Wagenplatform in eiserne Rinnen eintauchen, die mit Sand gefüllt sind; außerdem sind die Enden der eisernen Platform einerseits mit einer Nuth und andererseits mit einer Feder versehen,

Fig. 44.



die genau in einander passen und mit Lehm dicht verstrichen werden. Durch eine doppelte Schichte in Verband mit Lehm gemauerte Backsteine b, b wird zunächst die Hitze von den eisernen Wagen abgehalten, und mittelst einer dritten Schicht Backsteine c, c horizontale Zugkanäle für das Feuer gebildet, worauf dann nach einer Ladeschablone die zu brennenden Kalksteine d, d sehr einfach aufgeschichtet werden, sodaß die Ladung genau den lichten Raum des Ofenkanals ausfüllt, ohne an den Wänden anzustreifen.

Zur Bedienung des Ofens sind drei Arbeiter nöthig, und zwar ein Brenner und zwei Mann zum Aufsetzen, Einschieben und Abladen der Wagen. Das Setzen der Kalksteine auf die Wagen erfordert weit weniger Intelligenz, als dasselbe in den Ringofen, und kann bei den Kalkbrüchen oder auf dem Anfuhrplatze selbst geschehen, wie auch das Abladen der fertigen Waaren direct auf die Transportmittel, als Schiffe, Eisenbahnwagen, Landfuhrwerk oder auf den Lagerplatz stattfinden kann.

Ueber den Verbrauch an Brennmaterial bei diesem Kanalofen sei noch erwähnt, daß sich derselbe bei den bereits im Betriebe befindlichen Oefen als annähernd halb so groß wie beim Ringofen bester Construction, unter gleichen Verhältnissen, erwiesen hat.

Dieses wichtige Factum hat darin seinen Grund, daß in diesem Ofen das Feuer permanent auf einer Stelle unterhalten wird, und daß die sich einmal in Glühhitze befindenden Wände nicht wie bei Ring- und anderen Oefen, abgekühlt werden; hierin dürfte auch eine größere Haltbarkeit des Kanalofens, allen anderen Constructionen gegenüber, ihre Begründung finden, da bei letzteren durch das immer wiederkehrende Abkühlen und Erhitzen das Gefüge des Mauerwerks einer schnellen Zerstörung entgegengeht.

Außerdem ist das für einen Kanalofen erforderliche Anlagekapital bei gleicher Produktionsfähigkeit geringer als das für Ringöfen.

Ferner ist anzuführen, daß die in §. 73. erwähnten hauptsächlichen Nachtheile der continuirlichen Ringöfen zum Kalkbrennen bei den Kanalöfen nicht vorkommen können, indem das Abkühlen der gebrannten Steine hier viel rascher aber nicht durch direkt einströmende atmosphärische Luft erfolgt, und die Waare nachdem sie gebrannt, nach Verlauf von 8 Stunden bereits aus dem Ofen gezogen werden kann. Dabei kann das Setzen der rohen Kalksteine auf die 1^m breiten, $1\,^1/_2{}^m$ langen eisernen Platformwagen nach Ladeschablonen und ebenso auch das Entladen in bequemster Weise im Freien, (ohne daß die Arbeiter durch Hitze und Staub belästigt werden) durch ge-

wöhnliche Taglöhner geschehen, und durch die Zwischenräume der Ladungen von den an einander stoßenden Wagen, welche jedesmal mit den Einstreu-Oeffnungen des Brennmaterials correspondiren, werden in kurzen Entfernungen die einfachsten Heizkanäle gebildet; auf das Genaueste läßt sich der Zug des Feuers reguliren und der Hitzegrad im Brennraum beobachten, sodaß das vollkommene Garbrennen der ganzen Ladung mit Sicherheit erfolgt. —

XIV.

Vom Aufbewahren und Transportiren des gebrannten Kalks.

§. 75. Auf jeder gut eingerichteten Kalkbrennerei sollte ein dicht verschlossenes, trocken gelegenes Kalkmagazin vorhanden sein, wohin der gebrannte Kalk, welcher nicht gleich aus dem Ofen abgesetzt werden kann, gebracht wird und worin er monatelang, ohne daß er an seiner Güte verliert, aufbewahrt werden kann. Diese Magazine müssen einen gedielten Fußboden haben, die Wände und Decke dürfen keine Sprünge enthalten und der einzige Zugang (die Thüre) muß vollkommen dicht schließen und mit Nuth und Feder aus Doppeldielen zusammengefügt sein. Bei feuchtem Wetter und Gewitterluft muß man es möglichst vermeiden, die Thüren der Magazine zu öffnen, indem diese Luft auf das Zerfallen des Kalks am meisten Einfluß hat.

§. 76. Vicat beschreibt ein anderes Verfahren zur Aufbewahrung des Kalks, besonders des hydraulischen. Auf einer Tenne, die frei von Wasserzutritt und Feuchtigkeit ist, breitet man zuerst eine Lage zerfallenen Kalk von 15 bis 20 Centimeter Dicke aus. Auf diese Lage schichtet man den lebendigen Kalk auf, indem man ihn mit einem hölzernen Klotz zusammenrammet, um die Zwischenräume möglichst zu vermindern. Diesen Haufen schließt man flach abgeböscht und überschüttet ihn mit einer letzten Lage eines Kalks, der eben in Staubkalk zerfallen will. Dieser Staubkalk füllt die Zwischenräume des lebendigen Steinkalks aus und umhüllt ihn so gut, daß er gegen die Einwirkung der atmosphärischen Luft und aller Feuchtigkeit verwahrt ist. Man hat auf diese Weise circa 60 Cub.-Meter lebendigen Kalk während eines anhaltend nassen Winters aufbewahrt und nach 5 Monaten erhitzte er sich und zerging noch ebenso gut als frisch

gebrannter Kalk. Je größer der aufzubewahrende Vorrath ist, desto mehr bewährt sich dieses Verfahren. —

§. 77. Man kann auch den gebrannten Kalk sofort nach dem Brennen in Fässer schlagen und an einem trocknen Orte aufbewahren. Am vortheilhaftesten ist es, wenn er gleich oder sehr bald nach dem Brennen verwendet werden kann. Denn die undichten Fässer lassen theils in den Magazinen, theils auf dem Transporte feuchte Luft zu dem Kalke, in Folge dessen verschluckt er Wasser und Kohlensäure, verschlechtert sich dadurch, giebt beim Löschen keinen sehr zarten Kalkbrei und gedeiht auch nicht in dem Maaße, wie frisch gebrannter Kalk. Bei dem Füllen der Fässer werden die nicht vollständig und todtgebrannten Stücke, die man leicht an ihrer Schwere erkennt, ausgeworfen.

§. 78. Den pulverisirten und gesiebten hydraulischen Kalk (Cement) verwahrt man in Fässern, deren Fugen mittelst eines aus abgelöschtem hydraulischen Kalk erzeugten zähen Teiges gehörig verschmiert und dann erst noch von Innen mit Papier gut verklebt wurden. Außerdem ist bei dem Verpacken dieses Materials darauf zu sehen, daß die Fässer vollständig gefüllt und leere Räume in denselben vermieden werden. Der Deckel muß dicht auf dem Material aufliegen, zu welchem Zwecke man das Kalkmehl beiläufig um 12^{mm} höher als die Nuth des obern Faßbodens aufträgt und hierauf den Deckel mit einiger Gewalt hineinpreßt, was mit keinen Schwierigkeiten verbunden ist. —

§. 79. Bei dem Transport des gebrannten ungelöschten Kalks muß er, wenn es blos auf kürzere Strecken geschehen soll, in wohlbedeckten Wagen gegen Feuchtigkeit und Regen geschützt, transportirt werden; auf weitere Entfernungen muß er in geschlossenen Gefäßen (Fässern) verpackt werden, um ihn gegen den Zutritt der atmosphärischen Luft zu schützen. —

Der Kalk setzt sich immer beträchtlich, wenn er auf der Achse von dem Brennofen nach dem Bau- oder Lagerplatze geschafft wird. Dieses Setzen hängt nicht allein von der Natur des Kalks, sondern auch von den Transportmitteln, der Entfernung und selbst von dem Zustande des Weges ab.

Bei dem hydraulischen Kalke von Paris, nach einem Transporte von 5 Kilometer auf einer gepflasterten Straße, beträgt das Setzen ein Sechstel, d. h. ein Cub.-Meter gebrannter Kalk aus dem Ofen gemessen gab nur 83 Cubikcentimeter auf der Abladestelle. Es ist deshalb nicht gleichgültig, ob man den Kalk aus dem Ofen eingemessen oder beim Abladen nachgemessen verkauft.

XV.

Von dem Ausmaaße des Kalks im Handel.

§. 80. Wie bereits erwähnt verliert der rohe Kalkstein durch das Brennen, also durch die Entfernung der Kohlensäure, durchschnittlich 5% seines Volumens. Das Messen des Kalkes geschieht jetzt allgemein in Deutschland nach Hectoliter, früher in Preußen nach Tonnen (Wispel), eine Tonne ist gleich 219,8 Liter = rot 2,2 Hectoliter. Die Tonne wurde früher gerechnet als gleichbedeutend mit 4 Berliner Scheffeln oder mit 64 Metzen oder mit $7\frac{1}{8}$ Cub.-Fuß Inhalt, welches Maaß jetzt mit 2,2 Hectoliter zu bezeichnen ist.

Im Königreich Sachsen diente früher als Kalkmaaß der Dresdener Scheffel zu 8000 sächs. Cub.-Zoll. Ein Dresdener Scheffel = 1,038 Hectoliter = 1,889 preuß. Scheffel.

Im Königreich Bayern hatte früher der Kalkmetzen = 37,059 Liter, = 1,1871 Cub.-Fuß. 6 Kalkmetzen machten 1 Scheffel und 24 Metzen eine Muthel. In Rheinbayern wurde der Kalk bisher nach dem Gewichte verkauft.

Im Königreich Württemberg wurde bisher der gebrannte Kalk in Zubern oder Kufen, welche 40 Helleich-Maaß enthalten und Kalkscheffel genannt wurden, gemessen. 1 Kalkscheffel ist = 0,734 Hectoliter = 3,140 Cub.-Fuß.

Im Großherzogthum Baden wurde früher nach Fuder gemessen; 1 Fuder ist = 1,5 Cub.-Meter, = 55,5 bad. Cub.-Fuß.

In dem frühern Königreich Hannover wurde der Kalk nach Last, Malter und Himten verkauft. Die Last hatte 16 Malter zu 6 Himten; 1 Himten = 0,312 Hectoliter = $1\frac{1}{4}$ Cub.-Fuß = 0,567 preuß. Scheffel.

Im Großherzogthum Hessen war die frühere Kalkbütte viereckig und im Lichten 20 hess. Zoll lang, 20 Zoll breit und 25 Zoll hoch. Sie enthielt 25,625 Liter, = 10 hess. Cub.-Fuß.

Das specif. Gewicht des gebrannten Kalkes beträgt 1,27, des frischen Kalkmörtels 1,79. 1 Hectoliter giebt 0,2 Cub.-Meter = $6\frac{3}{4}$ preuß. Cub.-Fuß gelöschten Kalkes.

2,2 Hectoliter = 1 Tonne, = $7\frac{1}{8}$ preuß. Cub.-Fuß geben 0,464 Cub.-Meter = 15 pr. Cub.-Fuß gelöschten Kalkes. 0,31 Cub.-Meter (10 pr. Cub.-Fuß) gebrannten Kalkes wiegen 420 Kilogr. 2,2 Hectoliter (1 pr. Tonne, = $7\frac{1}{8}$ Cub.-Fuß = 4 Berliner Scheffel) wiegen

140—150 Kilogr., wobei zu berücksichtigen, daß beim Verkaufsmaaß 4 Theile Kalk und $3\frac{1}{8}$ Theile leerer Raum zu berechnen sind, weshalb der Verkauf nach Gewicht viel richtiger ist, als nach dem Ausmaaß. 0,31 Cub.-Meter (10 preuß. Cub.-Fuß) gelöschten Kalkes wiegen 400 Kilogr.

§. 81. In Oestreich hält das Kalkmuthel $2\frac{1}{2}$ Metzen à 61,4994 Liter, also 1 Muthel = 153,7485 Liter (circa $1\frac{1}{2}$ Hectoliter). 1 Metze = 1,119 Preuß. Scheffel = 0,277 Bayerische Scheffel. 1 Muthel ≟ 4,9647 Cub.-Fuß, In Ländern, wo das französische Maaßsystem eingeführt ist, wird er meist nach dem Cubikmeter gemessen.

In Rußland wird der Kalk nach Cubik-Saschen zu 343 Cub.-Fuß oder 9,712 Cub.-Meter verkauft.

In Schweden dient zum Messen des gebrannten Kalks die Tonne zu $59\frac{1}{2}$ Kannen = 155,723 Liter = 5,0371 Cub.-Fuß.

In England ist das Normalmaaß für Kalk der Bushel = 8 Gallons = 32 Quarts = 36,347 Liter.

In Belgien und den Niederlanden ist das französische metrische Maaß- und Gewichtssystem eingeführt; in den Niederlanden jedoch mit holländischen Benennungen. Das Hectoliter für Kalk (und andere trockene Gegenstände) heißt Mudde.

XVI.

Vom Löschen und Aufbewahren des gelöschten Kalks.

§. 82. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß von der Art und Weise, den Kalk zu löschen, dessen Güte mit abhängig ist; jedenfalls aber geht man zu weit, wenn man behauptet, daß man die charakteristischen Eigenschaften eines Kalks ganz verändern könne, wenn man z. B. behauptet, daß man durch eine besondere Art, den Kalk zu löschen sogar fetten Kalk in hydraulischen umzuwandeln vermöge. Das Löschen des Kalks kann auf dreierlei Art geschehen; entweder gießt man hinreichend Wasser auf denselben und arbeitet mit Hacken oder Krücken die Masse durch, um sie zu einem dünnen Brei zu verwandeln; oder man bringt den Kalk in einen Korb, welchen man wenige Sekunden in Wasser taucht, während der Zeit der Kalk Wasser

genug aufsaugt, um nachher in ein trocknes Pulver zu zerfallen; dadurch wird eine größere Hitze entbunden, der Kalk aber nicht so fein aufgeschlossen und fühlt sich wie Sand an. Die dritte Art zu löschen ist mittelst einer Sanddecke. Man zerschlägt die Kalksteine in nußgroße Stücke, bringt sie in kleine Haufen, welche man mit Sand bedeckt, begießt ihn mit Wasser und achtet wohl darauf, daß der Kalk an keiner Stelle ohne Sand mit der Luft in Berührung komme. (Trocken gelöschter Kalk.)

Das Löschen der erstern Art durch Aufgießen von Wasser oder Schwemmen wird bei fettem Kalk für das Beste gehalten. Die Wassermenge, welche hierbei aufgenommen wird, richtet sich nach der Beschaffenheit des Kalks; recht gut und gar gebrannter frischer Kalk verlangt durchschnittlich auf 3 Volumen 4 Volumentheile Wasser, auf 1 Kilogr. Kalk $2^2/_3$ Kilogr. Wasser und fetter Kalk vermehrt sich hierbei um das Doppelte bis $3^1/_2$fache. Aelterer gebrannter Kalk, der schon aus der Luft Feuchtigkeit aufgesogen hat, nimmt weniger Wasser beim Ablöschen auf. Zu wenig Wasser macht, daß beim Löschen der Kalk nicht gehörig aufgeschlossen wird; man nennt es Verbrennen des Kalks, dabei steigt die Hitze bedeutend, wodurch die Kalktheile zusammenbacken; zu viel Wasser macht den Kalkbrei zu dünn, der Kalk wird ersäuft. Durch das Ersäufen entfernen sich die Kalktheile zu sehr durch das dazwischen getretene Wasser. Der Kalk kann erst nach langsamer Verdunstung des überschüssigen Wassers, während dem seine Masse nach Verhältniß schwindend aufreißt, krystallisirend zu erhärten anfangen, wenn nicht etwa inzwischen die Bedingungen der Erhärtung ganz aufgehoben worden sind, oder in Wasser und Feuchtigkeit die Ausdünstung gar nicht, sondern gänzliche Auflösung der Masse erfolgt. Die richtige Wassermenge, wodurch der Kalk gesättigt wird, ist die, wodurch der Aetzkalk vollständig in Kalkhydrat verwandelt und außerdem mit so viel freiem Wasser zu einem so steifen Teig verwandelt wird, daß hierdurch die Theile der Krystallisation, durch eingehende gegenseitige hinlänglich nahe Berührung, beweglich werden, was beim trocknen Kalkhydrate nicht möglich ist, höchstens in ganz unmerklich kleinen Theilen; beim zu wässerigen (ersäuften) Kalkbrei aber ebenso wenig, weil hierbei die Stofftheilchen zu entfernt und zertrennt liegen. Es ist zu bemerken, daß magerer — oft gut hydraulischer — Kalk nur sehr langsam löschen kann, in den kleinern Theilen wohl erst länger nach dem Löschen selbst. Man sagt, die Theile schlössen sich erst später auf. In diesem Falle ist dem Kalke der zum fernern Aufschließen nöthige Wasserbedarf zuzu-

setzen und er ist dann vor der Anwendung noch einmal tüchtig durchzuarbeiten. Ein solcher magerer Kalk wird nach und nach in der Grube speckiger und fetter, wenn er nicht durch (staubkleinen, im Wasser unauflöslichen) Cementgehalt darin zu früh erhärtet.

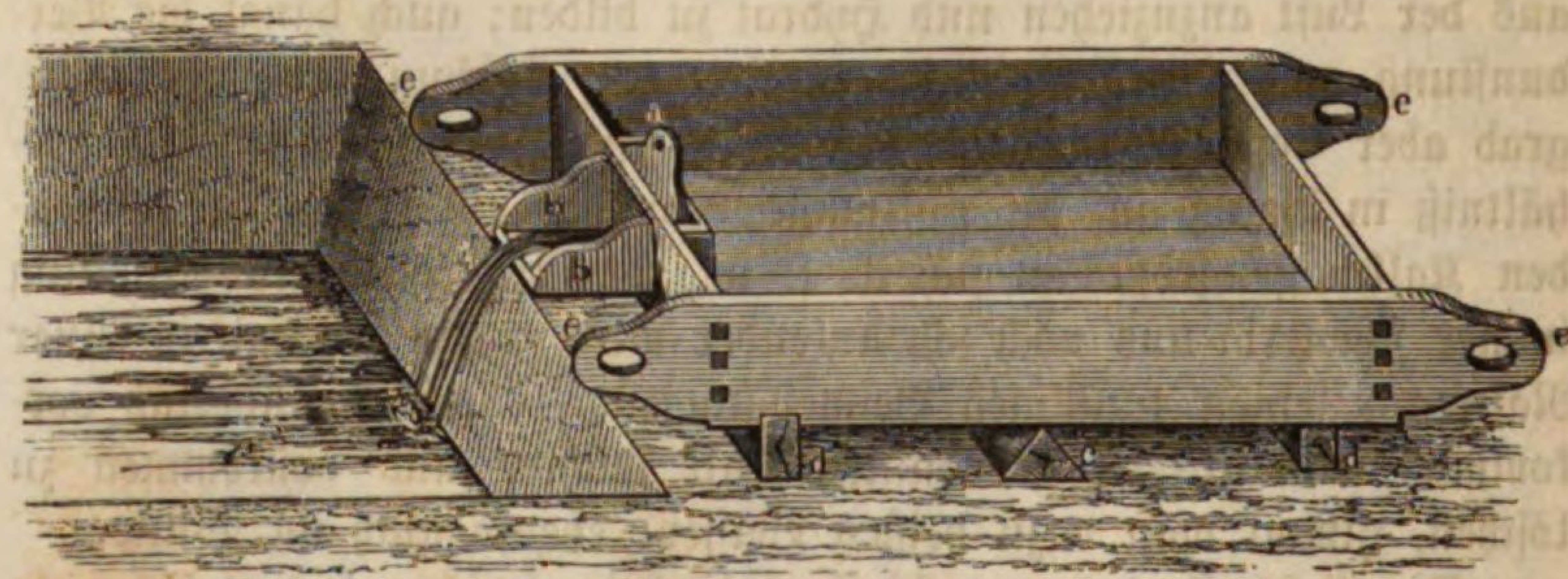
§. 83. Es ist schwierig, die richtige Menge des Löschwasser nach dem Gewichte oder Raummaaße für die anzuwendenden Kalksorten auszumitteln, indem, wenn der Kalk nicht aus dem Ofen kommend (frisch) gelöscht wird, er sogleich anfängt, immer mehr Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen und Hydrat zu bilden; auch hängt die Verdunstung vom Hitzegrad und der Zeit der Löschung ab, der Hitzegrad aber vom Wärmegrad des Löschwassers, von dessen Masseverhältniß in Bezug auf die Kalkmasse, von der auf einmal zu löschenden Kalkmassengröße an sich u. s. w., wodurch diese Ausmittelung immer schwierig und noch schwankender wird, wenn der Kalk in seiner Natur — seinen zufälligen Beimengungen — sehr veränderlich vorkommt. Um älteren gebrannten Kalk leichter und vollkommen zu löschen, nimmt man dazu heißes Wasser; ebenso auch im Winter.

Die Beschaffenheit des Wassers ist beim Löschen des Kalks nicht gleichgültig; weiches Wasser, möglichst frei von Salzen, ist besser als Brunnenwasser; man zieht Regenwasser dem Flußwasser und dieses dem Quellwasser vor. Von jeher hat man die Anwendung von Meerwasser bei der Bereitung des Mörtels verworfen; doch ist das Princip kein unbedingtes. Ausgemacht ist, daß der mit diesem Wasser angemachte Mörtel viel langsamer austrocknet und auf der Mauerfläche eine ziemliche Zeit lang salzige Auswitterungen erzeugt, weshalb man es in keinem Falle bei Mörteln anwenden darf, die zu dem Bau von Wohnhäusern gebraucht werden. Dieser Uebelstand kommt jedoch nicht in Betracht bei Uferbekleidungen oder Futtermauern; und man kann, wenn das Meerwasser wie von Einigen behauptet wird, dem Mörtel mehr Festigkeit gewährte, dieses in diesem Falle vorzugsweise anwenden. —

§. 84. Das Ablöschen geschieht gewöhnlich in offenen sogenannten Sümpfen — runden Bütten — Löschbütten — Kalkkästen — Speisepfannen. Letztere sind meist rechteckige, oben offene Kästen aus 30—40^{mm} starken guten Dielen, etwa 1^{m},25—2^{m} lang, 0^{m},70—1^{m} breit, 0^{m},40—0^{m},50 hoch. Die Querseitenbretter sind in die Längenseitenbretter eingezapft und verkeilt. Letztere erhalten an den vier Vorragungen e, e (Fig. 45.) Löcher zur bequemen Tragbarkeit. Der Boden bekommt unten Leisten zum Hohlstellen. An einer der schmalen Seiten bekommt der Löschkasten zum Auslassen des gelöschten Kalks

in die Kalkgrube in ganzer Höhe eine Oeffnung mit einem senkrechten Schieber a, außerhalb daselbst ein kurzes Abschlußbrett mit Rändern b, b. Damit gröbere verunreinigende Theile, ungebrannte oder langsamer löschende Kalktheile zurückgehalten werden, kann die Oeffnung mit einem Draht- oder Holzgitter versehen werden. Der in Fig. 45. dargestellte Löschkasten ist in seiner Mitte auf der Kante der Unterlagleiste c beweglich. Die Bewegung ist durch die keilförmige Unter-

Fig. 45.



lage d leicht so möglich, daß der Kasten aus der wagrechten Stellung in eine gegen die Grube abschüssige Lage gebracht werden kann. Wird der Schieber a herausgenommen, so fließt der geschwemmte Kalk durch das Gitter in der Thüröffnung zwischen b, b, das die groben Theile zurückhält.

Man legt die Kalksteine flach im Kasten auseinander, besprengt anfangs mit soviel Wasser, daß sie knisternd zerbersten und aufschwellend zu Pulver zerfallen. Dann gießt man schnell hintereinander das erforderliche Wasser zu und zerstößt und rührt die Masse mit einer Schüppe, Kalkhacke oder Löschkrücke (Fig. 46.), bis sie zum gleichförmigen Brei ohne Klümpchen und Klöse sich aufgelöst hat.

Fig. 46.



§. 85. Ein etwas abweichendes Verfahren dieser Art zu löschen ist folgendes: Man füllt das zum Löschen bestimmte Gefäß zuerst bis auf die Hälfte oder $^1/_3$ mit Wasser und giebt nun so viel gebrannten Kalk hinzu, als das Wasser zu bedecken im Stande ist; es ist besser, etwas mehr Wasser zu geben als zu wenig, indem man sich durch Ablassen des überflüssigen helfen kann. In dem Wasser läßt man den Kalk sich ruhig zersetzen, ohne ihn umzurühren; man durchsticht die

Kalkmasse blos mit einem Stocke, um das Wasser auf die trocknen Stellen zu bringen. Nachdem der Kalk das Wasser ganz aufgesogen und das Brausen, welches übrigens bei sehr wasserfesten Kalken kaum bemerkbar ist, aufgehört hat, wird die Masse so lange umgerührt, bis ein gleichförmiger Brei erzielt ist. Bei dieser Art des Kalklöschens hat man überdies den Vortheil, daß sich die nicht ganz gleichgültige Menge des zuzusetzenden Wassers von selbst ergiebt.

Nach dem Löschen nimmt der Kalk als steifer Brei einen größern Raum ein, als im gebrannten Zustande. Diesen Raumzuwachs nennt man sein Aufgehen, Wachsen oder Gedeihen. Der reine fette Kalk nimmt so einen 3,2 bis 3,6 mal größern Raum ein. Rüdersdorfer Kalkstein gab von 1 Cub.-Fuß $3\frac{1}{2}$ Cub.-Fuß völlig steifen Kalkbrei oder $160\frac{3}{4}$ Pfd. Kalkstein, $83\frac{1}{2}$ Pfd. gebrannten Kalk und dieser 281 Pfd. steifen Kalkbrei oder fast $3\frac{1}{2}$ mal dem Gewichte nach mehr, als der gebrannte Kalk wog.

§. 86. Man bewahrt den so abgelöschten (geschwemmten) Kalk in Gruben — Kalklöcher, Kalkgruben, Kalkkuten, Kalkkuhlen — auf. Man nennt dieses das Einsumpfen. In den Gruben können beim Löschen unaufgeschlossene Theile sich später auflösen, griesliche Kalk also mit der Zeit fetter und speckiger werden. Nach dem Einsumpfen läßt man den gelöschten Kalk 4—5 Tage in der Grube offen stehen, während überschüssiges Löschwasser in die Höhe tritt und abgelassen werden kann. In der Folge setzt sich der Kalkbrei immer dichter zusammen und schwindet und reißt dann in der Folge, wenn er zu Mörtel verwendet wird, im Verhältnisse weniger auf, wodurch er also an Güte zunimmt, wenn er nur vor dem Zutritt der Kohlensäure der Atmosphäre gehörig geschützt ist. Es geschieht dies am besten, indem man die ebene Oberfläche des Sumpfkalks $0^m,30$—$0^m,60$ hoch mit Sand bedeckt. Man kann zuvor Bretter auflegen, auch für längere Aufbewahrung oben auf die Sanddecke Erde aufschütten, die aber beim Aufbrechen der Grube sorgfältig beseitigt werden muß. Wo das Bedecken des Kalks im Winter unterlassen wird, da wird die Bindekraft desselben durch den Frost zerstört.

Die Kalkgruben müssen wasserdicht und vor Ueberschwemmung gesichert sein. Nöthigenfalls werden sie mit Brettern an den Seiten und im Boden ausgekleidet und dahinter mit Letten ausgestampft. Auf längere Zeit kann man sie ausmauern und, wenn es nöthig, noch mit Letten ausdämmen. Unter allen Umständen ist es gut, wenn solche Gruben feste und dichte Wände und einen gepflasterten Boden haben, wodurch das zu schnelle Eindringen des Wassers in das Erd-

reich verhindert und der Kalkmilch das zur vollständigen Verdichtung zu Kalkbrei erforderliche Wasser nicht entzogen wird. Ein zu langsames Schwinden des Kalkwassers in offenen Kalkgruben schadet dagegen dem Kalke; indem der in demselben aufgelöste Kalk allmälig Kohlensäure aus der Luft anzieht, als kohlensaurer oder lebendiger Kalk niedersinkt und den übrigen gelöschten Kalk verunreinigt; in diesem Falle muß daher das überflüssige Wasser abgeschöpft werden. Auf diese Weise verdichtet sich die anfangs dünne Kalkmilch zu einem dicken und zähen Brei, welcher sich nur wenig in der Grube setzt; ein sicherer Beweis, daß sich viele Kalktheilchen erst später vollständig auflösen. In diesem eingesumpften Zustande kann der Kalk in Gruben, mit Sand und Erde bedeckt, eine lange Reihe von Jahren in einem teigigten Zustande aufbewahrt werden. Ohne Bedeckung absorbirt er Kohlensäure, trocknet sehr rasch aus und verringert dabei sein Volumen so bedeutend, daß er 50—75^{mm} weite Risse und Sprünge bekommt. Damit die der Luft und ihrer Kohlensäure ausgesetzte Oberfläche der Kalkmasse möglichst klein werde, muß man die Gruben mehr tief machen, so lang als breit, auch wohl rund, wenn die Erde steht oder sie ausgemauert wird. Beim Verbrauche muß der Kalk waagrecht abgenommen — ausgestochen — werden, wenn die Oberfläche des Restes wieder mit Sand überschüttet werden soll. Jeder bedeutende Bau erfordert wenigstens 2 Kalkgruben, um immer eine zum Ausstechen bereit zu halten.

§. 87. Die zweite Art, den Kalk zu löschen, ist die, welche die alten Römer allgemein zu ihrem festen, noch jetzt unsere Bewunderung verdienenden Mörtel zum Mauern anwendeten. Das Verfahren dabei ist folgendes: Frisch gebrannten Kalk (von harten Steinen), den man während des Transportes zudecken läßt, damit weder die Feuchtigkeit der Luft noch Regen auf ihn eindringen können, läßt man auf einen gereinigten Boden in einem trocknen und bedeckten Raum abladen, wo man zugleich trockne Fässer oder Kasten und einen Zuber stellen kann, der bis dreiviertel mit Fluß- oder einem andern Wasser angefüllt ist, das weder hart noch mineralisch ist.

Zwei Arbeiter sind zu diesem Geschäft hinreichend; der eine zerklopft die gebrannten Kalksteine mit einem Mauerhammer bis zu der beiläufigen Größe eines Eies; der andere faßt diesen zerstoßenen Kalk mit einer Schaufel, thut ihn in einen flachen und weit geflochtenen Korb, wie die Maurer gewöhnlich zum Durchsieben des Gypses haben, und füllt ihn nun bis an den Rand. Er versenkt diesen Korb ins Wasser und erhält ihn darin, bis die ganze Oberfläche des Wassers

zu sprudeln anfängt; alsdann zieht er den Korb heraus, läßt ihn einen Augenblick abtropfen, und schüttet diesen eingetauchten Kalk in ein Faß oder einen Kasten. Er wiederholt dieses Geschäft so lange, bis aller Kalk eingetaucht gewesen und in die Fässer geschüttet ist, die er auf 2 bis 3 Finger breit unter dem Rande anfüllt. Dieser Kalk wird sich dann bedeutend erhitzen, und den größten Theil des Wassers, womit er getränkt worden ist, als Rauch verdunsten, seine Poren öffnen, zu Staub zerfallen und endlich seine Wärme verlieren. In diesen Fässern wird er mit Matten bedeckt zur spätern Mörtelbereitung aufbewahrt. Dieß ist der Kalk, den Vitruv calix extincta nennt.

Wegen der Schärfe dieses Rauches muß dieses Geschäft an einem Orte geschehen, wo der Luftzug frei ist, damit die Arbeiter sich so stellen können, daß sie nicht dadurch belästigt werden. Sobald der Kalk zu rauchen aufhört, bedeckt man die Fässer oder Kasten mit groben Tüchern, Strohmatten oder Sand, um die Hitze zusammenzuhalten. Läßt man ihn an der Luft liegen, so erfriert der Kalk und zerfällt in einen groben Gries, welcher beim Hinzukommen von mehr Wasser einige Zeit braucht, um durchaus abzulöschen.

§. 88. Statt des Eintauchens kann man auch den Kalk mit Wasser begießen; welches etwas bequemer, aber nicht ganz so gut ist. Die Steine werden dann mit ungefähr ein Viertel ihres Gewichtes Wasser durch eine Gießkannenbrause begossen, wobei man den Stücken, welche am langsamsten abzulöschen scheinen, das meiste Wasser zuführt. Scheint der Proceß beendigt, so bedeckt man den Kalk sorgfältig mit Sand und läßt ihn einen bis zwei Tage vor dem Gebrauche stehen.

Die Zeit, wie lange der Kalk gebrannt ist, läßt sich nach der größern oder geringern Geschwindigkeit beurtheilen, die er braucht, bis er sich erhitzt und zu Staub zerfällt; wenn er schon lange oder wenn er im Ofen nicht gar gebrannt worden, so wird er sich nur langsam erhitzen und sich sehr schlecht aufschließen.

Bei der Methode durch Eintauchen oder Begießen mit Wasser ist das Gedeihen desselben Kalks geringer als bei der ersten Löschart; auch läßt er sich schwieriger auf längere Zeit aufbewahren, indem er für die Einwirkung der Luft sehr empfänglich ist, mithin bald wieder kohlensauer wird.

§. 89. Magere und hydraulische Kalkarten, welche weniger kohlensauren Kalk, dagegen mehr Kiesel- und Thonerde enthalten, müssen nach der zweiten und dritten Methode gelöscht, d. h. anfänglich nur mit Wasser besprengt oder benetzt werden, überhaupt darf denselben

nicht soviel Wasser zugesetzt werden, wie andern mehr Kohlensäure enthaltenden Kalkarten. Uebrigens erlangen auch diese abgelöschten, stark mit Thonerde vermischten Kalkarten in der Grube und auch mit Sand und Erde bedeckt in kurzer Zeit einen sehr bedeutenden Grad von Härte.

Eine andere Art des trocknen Löschens geschieht durch schichtenweise Ausbreitung des Aetzkalkes und Bedeckung mit Mauersand mehrfach übereinander und Benetzuna mit Wasser, worauf die Masse durchgearbeitet und gleich als Mörtel verbraucht wird; es darf hierbei jedoch an keiner Stelle der Kalk ohne Sand mit der Luft in Berührung kommen.

§. 90. Zwischen der nassen (mit Wasser geschwemmten) und trocknen (mit Wasser besprengten) Löschmethode ist ein auffallender Unterschied, indem dieser einen viel größern und gröbern Bodensatz giebt als jener, dessen Theile überhaupt viel länger im Wasser schwebend bleiben. Der durch Eintauchen gelöschte Kalk fühlt sich auch gewöhnlich zum Theil wie Sand an; die Theile des andern dagegen sind beinahe nicht fühlbar. Die Ursache hiervon liegt ohne Zweifel darin, daß bei der zweiten Löschungsart, sowie überhaupt, wenn zum Löschen des Kalks zu wenig Wasser angewendet wird, die Temperatur viel höher steigt, als wenn eine größere Wassermenge vorhanden ist. Dadurch backen die Theile des Kalkhydrats auf vielen Punkten zusammen oder, wie die Maurer sich ausdrücken, der Kalk verbrennt.

Frisch gelöschter Kalk kann zu Mörtel für gewöhnliches Mauerwerk gleich verwendet werden, muß dagegen für den Verputz von Wänden mehrere Wochen oder besser Monate in den Gruben gestanden haben, weil einzelne ungelöschte Kalktheilchen sich sonst erst an den Wänden auflösen und im Verputz Blasen geben. —

XVII.

Von dem Mörtel.

§. 91. Unter Mörtel, Mauerspeise, Speiß versteht man eine aus Kalk und verschiedenen andern Mineralsubstanzen auf nassem Wege bereitete Steinmasse, welche theils zur Verbindung der Bau-

steine, theils zum Abputz rc. dient. Man unterscheidet Luftmörtel gemeinen Kalkmörtel, und Wassermörtel, hydraulischen Mörtel; ersterer erstarrt nur unter Luftzutritt, aber nicht, wie letzterer, unter Wasser, und wird dann mit der Zeit fester.

Der Luftmörtel kann nur da angewendet werden, wo Gebäude aufgeführt werden sollen, welche blos der Wirkung der Luft, nicht aber dem Wasser ausgesetzt sind, denn wenn er dem Wasser ausgesetzt ist, so wird der Kalk von letzterem aufgelöst und der Zuschlag losgeweicht. Gelöschter Kalk an sich allein verliert allmälig Wasser, zieht Kohlensäure an, erhärtet an der Luft, zerklüftet sich aber sehr; es würde auch, wollte man denselben allein anwenden, zu viel darauf gehen. Man vermengt ihn deshalb mit irgend einem brauchbaren Zuschlag, welcher meistens in Sand besteht, und zwar Quarz-, Feldspath-, Glimmer-, Kalksand, Trieb-, Gruben-, Fluß- und Steinsand von Steinmetzen, Steinkohlenasche, gepulverte Schmiede- und Hohofenschlacken, von verschiedener Größe des Kornes. Bauleute klassificiren den Sand nach der Größe der Körner. Grand oder Grus, groben und feinen Sand. Quarzsand, dessen Körner durch ein Sieb gehen, das 3^{mm} weite Maschen hat und in einem Siebe mit $1\frac{1}{2}^{mm}$ weiten Maschen zurück bleiben, heißt Grand; der Sand, welcher durch ein Sieb mit $1\frac{1}{2}^{mm}$ weiten Oeffnungen, aber nicht durch Maschen von 1^{mm} fällt, heißt grober und endlich der durch ein Sieb von 1^{mm} weiten Maschen geht, ist feiner Sand.

§. 92. Der Sand muß rein, d. h. nicht mit Thon und Humustheilen vermischt sein. Die gewöhnliche Maurerprobe des Sandes besteht darin, daß man etwas davon in der Hand zusammendrückt und reibt; beschmuzt der Sand die Finger nicht, fühlt er sich scharf an, knirscht er zwischen den Fingern gerieben ohne anzuhaften und läßt er beim Wegwerfen keinen Staub zurück, so wird er für gut gehalten. Der gegrabene Sand ist selten ganz frei von Thon, Erde und vegetabilischen Theilen; kommen diese in größerem Verhältnisse vor, so wird der Mörtel weich und schlecht. Erdiger Sand sollte daher vor dem Gebrauche gereinigt (geschlämmt) d. h. in flachen Trögen gewaschen werden, aus welchen man das trübe Wasser mit dem darin schwebenden Thon, Erde und andern Unreinigkeiten ablaufen läßt. Das Schlämmen wird oft durch besonders construirte Maschinen bewirkt.

Kieseliger Sand von quarzigen Felsen ist der häufigste und wird gewöhnlich vorgezogen. Kalkiger Sand ist seltener, bildet aber, von hartem Kalkstein kommend, einen guten Mörtel. Einige thonige

Sande haben die Eigenschaften geringerer Puzzolanen, und sind deshalb werthvoll, da sie mit gewöhnlichem Kalke hydraulischen Mörtel geben.

Gegrabener Sand hat gewöhnlich ein rauheres, eckigeres Korn als Fluß- und Seesand, und wird deshalb zu Mörtel für Backstein- und Bruchsteinmauer vorgezogen; es ist nämlich der erstere in Folge der Erdrevolutionen eher abgesetzt worden, bevor ihn das Abschleifen der Kanten und Ecken durch das Rollen in den Gewässern hat treffen können. Der Flußsand besteht auch mehr aus gemischten Sandarten, da sie von verschiedenen Felsarten durch das Wasser losgerissen, mit fortgeführt und endlich an seichten Stellen abgelagert werden. Der Sand soll weder ganz fein noch in zu groben Körnern sein, sondern es ist am besten, wenn die Größe des Kornes verschieden, aber mehr von feinkörnigem als von grobkörnigem ist. Damit die Sandköner nicht größer als die Fugen im Mauerwerke sind, läßt man den Sand nöthigenfalls durch entsprechende Siebe von 3—6^{mm} Maschenweite werfen. Scharfkantiger Sand soll knistern und rauschen. Fluß- und Seesand sind zuweilen weiß und von feinerem und gleichmäßigerem Korne, was ihn zum Bewurfe sehr tauglich macht; der Sand von der Seeküste ist salzig, das Salz wird bei feuchter Luft feucht, und der Sand kann daher nur, nachdem er in süßem Wasser sorgfältig gewaschen wurde, gebraucht werden.

§. 93. Je fetter der Kalk ist, desto mehr Zuschlag verträgt er; Mergel- und Muschelkalk erfordern eine weit geringere Menge Sand; Kalk aus Kreide gebrannt erfordert dagegen gerade mehr Zuschlag als Steinkalk. Auf 3,1 Cub.-Meter (100 pr. Cub.-Fuß) Mörtel nimmt man 0,9 Cub.-Meter (29 Cub.-Fuß) Kalk und 2,6 Cub.-Meter (85 pr. Cub.-Fuß) Sand, oder auf 1 Theil fetten Kalk 5 bis 6 Theile Sand dem Gewichte nach. 0,31 Cub.-Meter (10 pr. Cub.-Fuß) frischen Kalkmörtels wiegen 559 Kilogr. Zu wenig Sand giebt einen schlechteren Mörtel, der Ueberschuß an Kalk verschlechtert denselben. Der Mörtel darf nicht zu dünn, d. h. nur mit soviel Wasser angerührt werden, als während des Erhärtens des Mörtels verdunsten und von den vermauerten Steinen angesogen werden kann; er muß demnach eine solche Consistenz haben, daß er nicht stückweise, sondern in einem Klumpen von der Mauerkelle abfällt. Nächst diesem ist die vollkommene Durcheinandermengung der Bestandtheile des Mörtels ein Haupterforderniß, welches sich namentlich dadurch kund giebt, daß beim Durchschneiden des Mörtels mit der Kalkhacke keine Kalkballen und Sand- oder Kalkstreifen zu bemerken sind. Eine zweckmäßige Art

der Mörtelbereitung ist die, daß man den Sand schaufelweise auf Wurfweite über den ausgebreiteten flüssigen Kalkbrei wirft; jedes Sandkorn sinkt dann anfangs vermöge seiner größeren Schwere durch den Kalkbrei auf den Boden, und erhält eine feine Umhüllung von Kalkbrei, mithin wird die Mengung sehr vollkommen und leicht bewirkt; nach und nach wird von Neuem Sand auf dieselbe Weise darüber gestreut und darunter gemengt, bis der Mörtel die erforderliche Consistenz erhalten hat. Niemals muß mehr Mörtel bereitet werden, als in einem Tage verarbeitet werden kann; muß ausnahmsweise eine Quantität desselben für den nächsten Tag aufbewahrt werden, so ist er mit Sand oder Matten und Decken gegen die Kohlensäure der Luft zu schützen, weil das Erhärten des feuchten Kalkbreies an der Luft durch das Verdunsten des überflüssigen Wassers und durch Anziehen von Kohlensäure und Bildung von kohlensaurem Kalk geschieht. Die anfangs weiche Masse nimmt auf diese Weise im Laufe der Zeit die ursprüngliche Härte des Kalksteins an. Beim Antragen müssen die zu verbindenden Steinflächen hinlänglich mit Wasser genetzt werden, damit die porösen Steine den Kalkmörtel nicht schleunig austrocknen und dadurch den Proceß der Erhärtung stören.

§. 94. Es gilt als Regel: Bei Luftmörtel die Sandzwischenräume nur, aber vollständig, mit Kalkbrei auszufüllen; denn bei mehr Kalkbrei-Ueberfüllung der Zwischenmasse schwindet, also reißt die Mörtelmasse im Ganzen; bei weniger Kalk dagegen findet keine vollständige Zusammenkittung der Sandkörner statt; der Mörtel erhält somit geringere Festigkeit und gestattet das Eindringen von Feuchtigkeit in die leeren Räume, welche im Froste sich ausdehnend denselben zerstört; daher liegt bei der Zusammensetzung von Mörtel viel daran, das Verhältniß der Zwischenräume zu dem des massigen Sandes zu kennen. Man erfährt dieses (wie auch bei unregelmäßigen Steinen), wenn man ein tarirtes Gefäß mit Sand gestrichen füllt, dann allmälig so viel genau abgemesses Wasser zugießt, bis es dem Rande des Gefäßes gleich steht. Der Rauminhalt des zugegossenen Wassers ist gleich den Zwischenräumen des Sandes; und ist hiernach leicht das richtige Verhältniß des Zusatzes von Kalkbrei zu einem bestimmten Sande zu ermitteln. Vortheilhaft wird es sein, die Zwischenräume eines gröbern Sandes durch einen feinern auszufüllen; denn dadurch erreicht man: a) Ersparung an Kalkbrei, der meist theurer als Sand ist, b) Verkleinerung der Kalkmassen — Verringerung der Dicke der Umhüllung — dadurch Minderung der feinsten Rißchen innerhalb der Zwischenräume, also Mehrung der

Festigkeit, c) Mehrung der Anhangsflächen und Abkürzung der Entfernungen dazwischen.*) In allen Fällen, wo man es mit einem magern Sande zu thun hat, der das Wasser leicht verschluckt, ist es gut, ihn vor dem Mengen zum Kalk etwas anzufeuchten, welches denselben Erfolg hat, wie das Annässen der Steine beim Mauern. Zum Mauern kann man sich auch des weniger guten Sandes bedienen; dagegen ist es nöthig, zu allen Putzarbeiten nur die besten Sandarten zu nehmen. Mit Kalktheilen vermischter Sand giebt selbst mit dem besten und fettesten Kalke vermengt immer nur einen schlechten Mörtel.

§. 95. Man behauptet oft, daß unsere Vorfahren einen bessern Mörtel zu bereiten verstanden als wir. In dieser Behauptung liegt eine Uebertreibung, mindestens eine Vernachlässigung der Rücksicht, daß die Bildung des kieselsauren Kalks in dem erhärteten Mörtel auch im Laufe der Zeit noch fortdauert. Daher mußte der Mörtel alter Gebäude nach Jahrhunderten in ein festes porphyrähnliches Gestein verwandelt werden. Wird der alte Luftmörtel der fortdauernden Einwirkung des Wassers ausgesetzt, so wird er ebenfalls zerstört, weil sein Kalkhydrat dadurch aufgelöst wird, wodurch der innere Zusammenhang des Mörtels verloren geht, seine Haltbarkeit also aufhört. Diejenigen Bauwerke aus dem Alterthum mußten sich daher besser halten, die in heißen und trocknen Klimaten sich befanden, als die in kalten und feuchten, die der wechselnden Zerstörung des Wassers ausgesetzt sind.

§. 96. Die bindende Kraft des Luftmörtels erklärt man also: vermöge der Adhäsionskraft, welche der Sand gegen den Kalk, und so auch die Oberflächen der Mauersteine gegen jene ausüben, haftet derselbe an ihnen, und beim allmäligen Zusammentrocknen des Kalkhydrats unter dem Drucke des Mauerwerks bildet sich ein fest werdendes Conglomerat, indem zugleich Kohlensäure allmälig verschluckt wird und kohlensaurer Kalk neben dem Kalkhydrat sich bildet. Schnelles Austrocknen ist dem Mörtel nachtheilig, ebenso auch heftiger, schnell eintretender Frost. Das Entweichen des Wassers und Eindringen der Kohlensäure geht nur langsam von Statten, woher es kommt, daß im Innern dicker Mauern selbst nach Jahrhunderten der Mörtel breiartig und der Kalk ätzend gefunden worden ist. Unter Umständen kann auch wohl fast alles Wasser entweichen und durch Kohlensäure

*) Siehe Wolfram's Lehrbuch der gesammten Baukunst. 1. Bd. 2. Abthlg. S. 101.

ersetzt werden. — Der dichte Cohäsionszustand der Kieselsäure im Quarzsande ist der chemischen Einwirkung des Kalks nicht günstig; anders verhält es sich mit dem Kieselerdehydrat, welches mit Kalkbrei ein im Wasser erhärtendes Produkt giebt. Nichtsdestoweniger findet man im älteren Luftmörtel, daß sich ein Theil der Kieselsäure des Sandes mit Kalk chemisch verbunden hat.

Man nennt auch wohl einen Luftmörtel fett, wenn er zuviel Kalk, mager, wenn er davon zu wenig enthält. Er darf aber weder fett noch mager, sondern muß kräftig, stark, sein. —

XVIII.

Maschinen zur Bereitung des Mörtels.

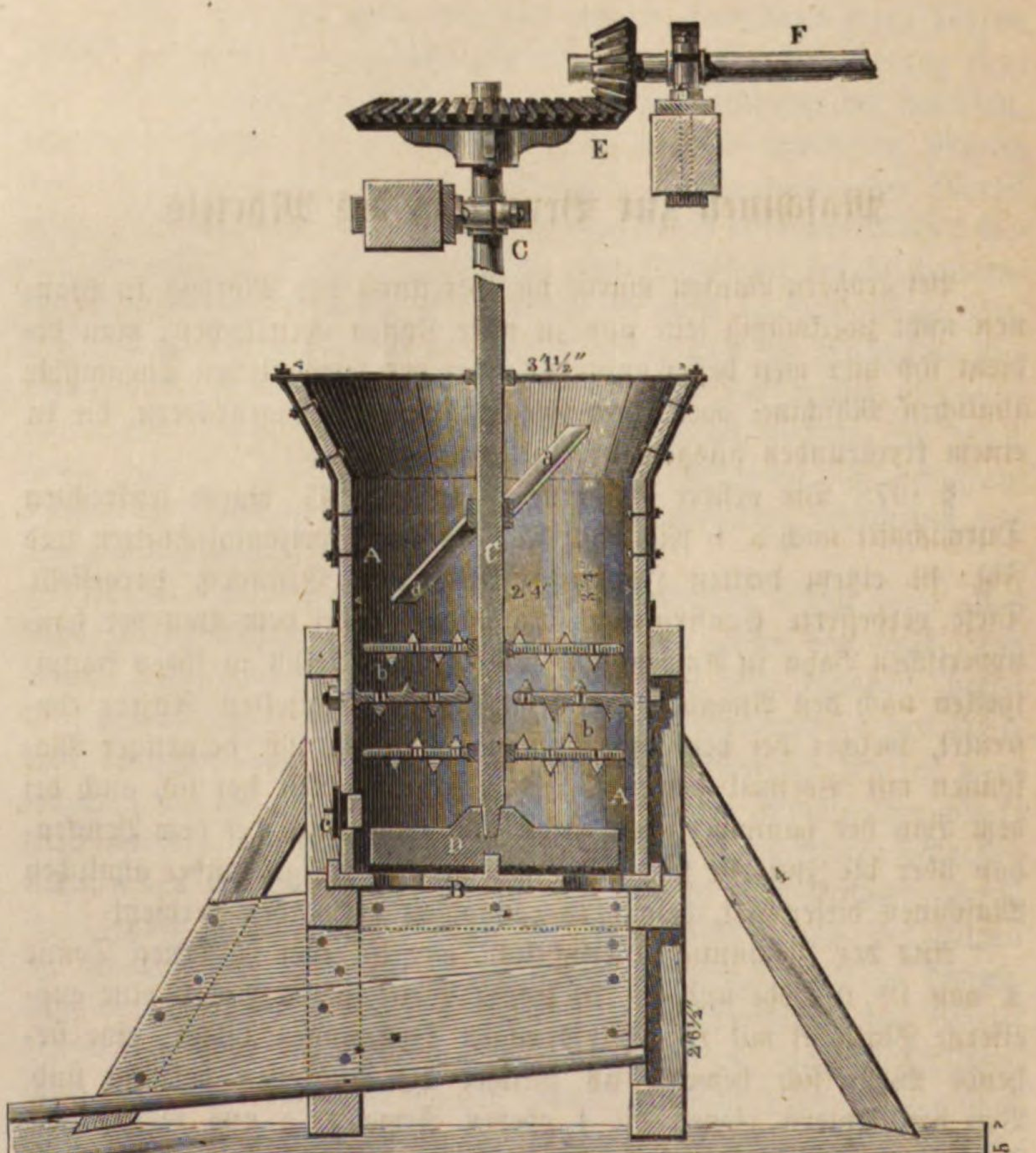
Bei größern Bauten würde die Bereitung des Mörtels in Pfannen nicht zweckmäßig sein und zu viele Kosten verursachen; man bedient sich hier weit besser entweder einer der gewöhnlichen Thonmühle ähnlichen Maschine, oder einer Göpelmühle mit Wagenrädern, die in einem kreisrunden ausgemauerten Trog laufen.

§. 97. Die erstere Maschine ist in Fig. 47. einem senkrechten Durchschnitt nach a, b Fig. 49., Fig. 48 zwei Horizontalschnitten und Fig. 49. einem dritten Horizontalschnitt resp. Grundriß dargestellt. Diese verbesserte Construction kam mehrfach bei dem Bau der hannoverischen Bahn in Anwendung und wurde daselbst in ihren Haupttheilen nach den Angaben des französischen Architekten Roger construirt, welcher bei den Hafenbauten in Algier sich derartiger Maschinen mit Vortheil bediente. Ihre Brauchbarkeit hat sich auch bei dem Bau der hannoverischen Bahn und namentlich bei dem Brückenbau über die Innerste so günstig gezeigt, daß sie gegenüber ähnlichen Maschinen dieser Art, besonders empfohlen zu werden verdient.

Aus der Zeichnung ist ersichtlich, wie in einer hölzernen Tonne A von $1^m, 0$ Höhe und $0^m, 70$ lichter Weite, deren Boden eine gußeiserne Platte B mit 16 schlitzförmigen Oeffnungen bildet, eine stehende Welle sich bewegt, an welcher die Rühreisen befestigt sind. Von den letztern dienen die 4 oberen Arme a, a aus vierzölligem Flacheisen, abwechselnd nach oben und unten gerichtet, zur vorbereitenden Mischung der Mörtel-Ingredienzien, welche successive durch die trichterförmige Erweiterung der Tonne von Oben eingefüllt wer-

den, namentlich aber zur gleichmäßigen Befeuchtung derselben mit dem etwa zugesetzten Wasser, während die eigentliche Mengung des Mörtels durch die 3 Sätze sternförmiger und mit rechenartigen Zinken versehener Rühreisen b, b geschieht, von denen der mittlere Satz nicht auf der Welle, sondern in den Wänden der Tonne befestigt ist. Endlich wird der so bereits durchgearbeitete Mörtel von der untern gußeisernen und ebenfalls sternförmigen Scheibe D gegen die gußeiserne Bodenplatte gedrückt, in seinen nicht vollständig feinen Mengtheilen

Fig. 47.



gerieben und läuft dann als zäher durchaus gleichförmiger Brei durch die Oeffnungen der Bodenplatte in das darunter befindliche Reservoir. Letztere Einrichtung, welche dieser Maschine eigenthümlich ist und

Fig. 48.

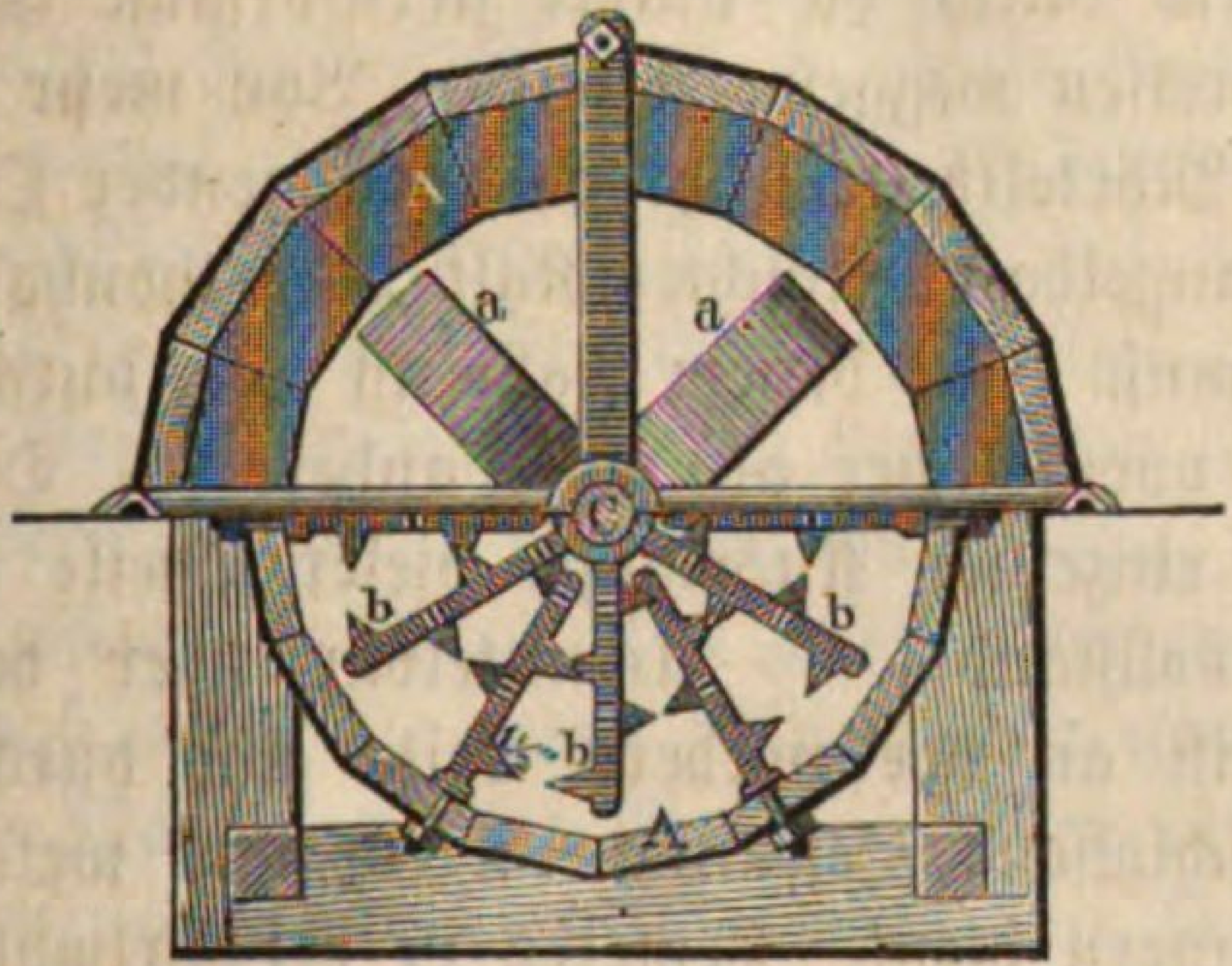
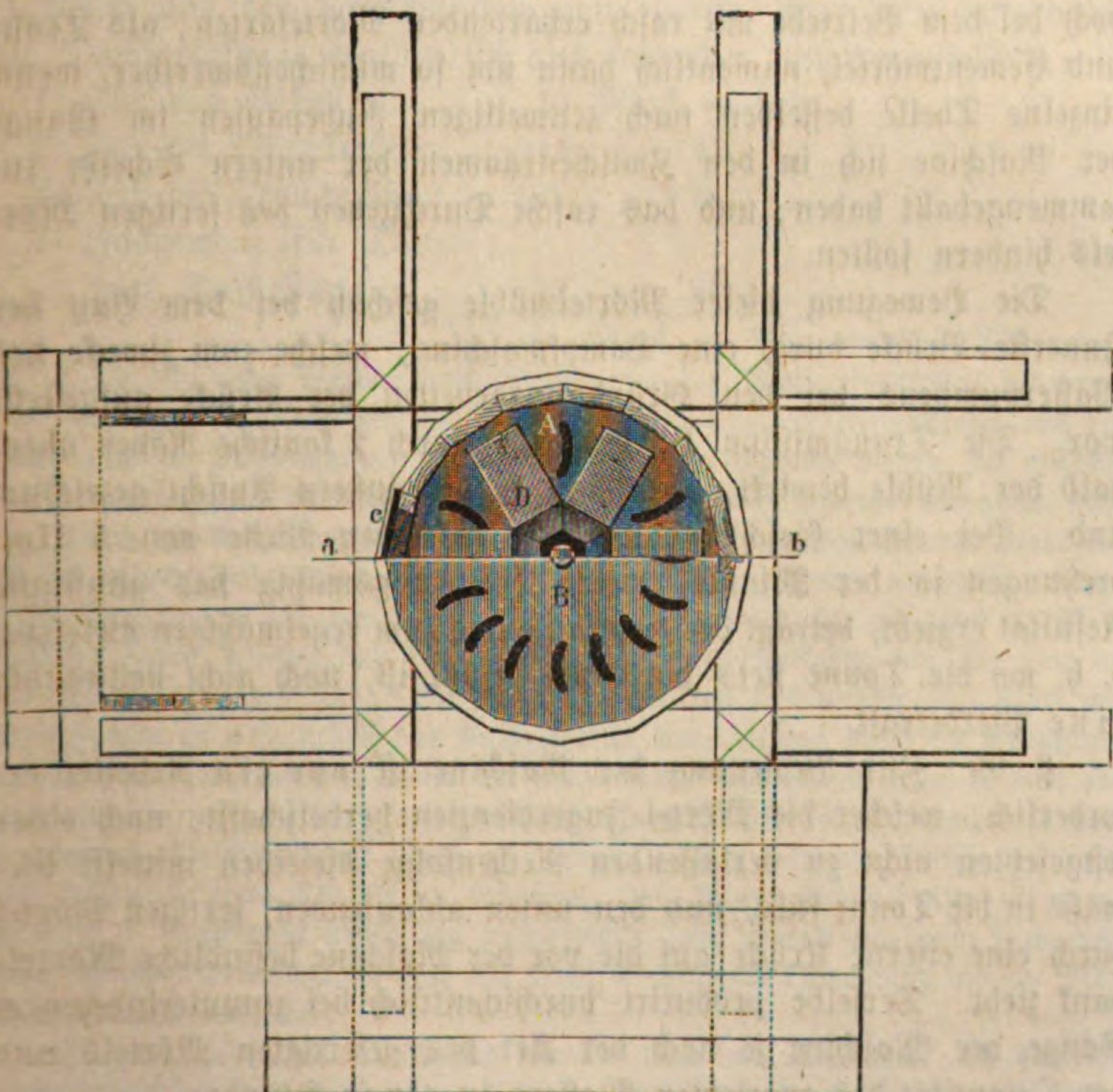


Fig. 49.



die außer einer Mengung von Mörtel-Ingredienzien auch eine Zerkleinerung derselben bewirkt, hat zunächst zur Folge, daß eine Stockung im Gange der Maschine fast niemals eintritt, da der fertige Mörtel nicht allein leichter durch die Oeffnungen der Bodenplatte getrieben, sondern auch stets durch die untere sternförmige Scheibe unter den eigentlichen Rühreisen weggesogen wird. Von mehr Belang wird sie aber, wenn die Mörteltheile nicht von genügender Qualität sind und unter andern mangelhaft gelöschter Kalk oder thonhaltiger Sand verwendet werden muß. In diesem Falle ist der durch diese Maschine erzeugte Mörtel vorzüglicher als jeder andere. — Die nähere Anordnung sowie die einzelnen Ausmaaße dieser Theile ergeben sich aus der Zeichnung vollständig. — Unmittelbar über der sternförmigen untern Scheibe ist an der vordern Seite eine durch einen eisernen Schieber c verschlossene Oeffnung angebracht, welche lediglich zum Reinigen des Innern dient. Letzteres ist bei fortwährendem Betriebe der Maschine mit gewöhnlichem Kalkmörtel zwar nicht erforderlich, doch bei dem Betriebe mit rasch erhärtenden Mörtelarten, als Traß- und Cementmörtel, namentlich dann um so wünschenswerther, wenn einzelne Theile desselben nach zeitweiligen Ruhepausen im Gange der Maschine sich in den Zwischenräumen der untern Scheibe zusammengeballt haben, und das rasche Durchgehen des fertigen Mörtels hindern sollten.

Die Bewegung dieser Mörtelmühle geschah bei dem Bau der Innerste-Brücke durch eine Dampfmaschine, welche zum Zwecke des Wasserpumpens bei den Gründungsarbeiten der Brücke aufgestellt war. Die Transmission E, F wurde durch 2 konische Räder oberhalb der Mühle bewirkt, wie solche in der äußern Ansicht gezeichnet sind. Bei einer Geschwindigkeit der stehenden Welle von 5 Umdrehungen in der Minute, welche erfahrungsmäßig das günstigste Resultat ergiebt, beträgt der Kraftaufwand zum regelmäßigen Betriebe, d. h. wo die Tonne stets bis Oben gefüllt ist, noch nicht vollständig eine Pferdekraft.

§ 98. Zur Bedienung der Maschine ist nur ein Arbeiter erforderlich, welcher die Mörtel-Ingredienzien herbeischafft, nach einer festgesetzten nicht zu verlassenden Reihenfolge dieselben mittelst Gemäße in die Tonne füllt, und den unten ablaufenden, fertigen Mörtel durch eine eiserne Krücke auf die vor der Maschine befindliche Mörtelbank zieht. Derselbe producirt durchschnittlich bei ununterbrochenem Gange der Maschine je nach der Art des gefertigten Mörtels und der Quantität des zugesetzten Wassers in einer Stunde:

1) Bei strengem Traßmörtel (sog. Bastard) aus gleichen Theilen Kalk, Sand und Traß, ohne irgend einen Zusatz von Wasser, 31 C.-Fuß.
2) Bei demselben Mörtel mit Zusatz von Wasser 46 Cub.-Fuß.
3) Bei ordinairem Traßmörtel aus ½ Theile Traß, ½ Theile Kalk und 1½ Theilen Sand und mit Zusatz von Wasser, 50 C.-Fuß.
4) Bei ordinairem Kalkmörtel aus 1 Theile Kalk und 2 Theilen Sand mit wenig Zusatz von Wasser, 48 bis 50 Cub.-Fuß.

Der unten abfließende fertige Mörtel ist bei regelmäßigem Betriebe stets von der vollständigsten Gleichförmigkeit in Durchmengung seiner einzelnen Bestandtheile; nur bei der ersten Füllung und im Anfange der Operation fließt eine Mischung ab, die eine größere Gleichförmigkeit wünschen läßt. Man beseitigt diesen Uebelstand aber leicht dadurch, daß man die zuerst abfließenden circa 6 bis 8 Cub.-Fuß zum zweiten Male durch die Maschine gehen läßt, wonach dann die Güte des ferner erzielten Mörtels ungeändert bleibt.

Die Kosten der Mörtelmaschine einschließlich ihres Gestelles mit Zubehör und der Transmission zum Zwecke ihrer Bewegung durch die Dampfmaschine ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

1) Für das Gestell . . .	46	Mark	— Pfg.
2) Für die Mörtelmühle .	318	„	45 „
3) Für die Transmission .	168	„	75 „
4) Insgemein (für Transport, Aufstellung) . .	27	„	80 „
	561	Mark	— Pfg. = 187 Thlr.

§. 99. Zu einer vergleichenden Berechnung der Productionskosten des durch diese Maschine bereiteten Mörtels mit den Kosten einer Mörtelbereitung aus der Hand und in Mörtelpfannen mögen folgende Anhaltspunkte dienen, die zunächst von dem erwähnten Bau der Eisenbahnbrücke über die Innerste abstrahirt sind.

Durch die Aufstellung der Mörtelmaschine bei diesem Bau wurden zuvörderst die im andern Falle erforderlichen Kalk- oder Mörtelpfannen entbehrlich, deren Anschaffungskosten mit den dazu erforderlichen Geräthen sich auf circa 96 Mark belaufen haben würden und die daher von den Gesammtkosten der Maschine = 561 Mark abzuziehen sind. Die darnach bleibenden Kosten von 465 Mark mit ihren Zinsen zu 4% stellen das Anlagekapital dar, welches durch die Benutzung der Maschine während der Dauer der Mauerarbeit von einem Jahre so weit abgetragen sein muß, als es den Preis der demnächst als alte Materialien zu verwerthenden Maschinentheile übersteigt. Dieser letztere bleibende Werth wird für das Holzwerk, circa 532 Kilogr. Gußeisen, 280 Kilogr. Schmiedeeisen 2c. zu im Ganzen 78 Mark nicht übermäßig angenommen sein, wonach eine reine Mehrausgabe für die Mörtelmaschine von 405 Mark 60 Pfg. zur Berechnung auf die Productionskosten verbleibt.

In der bezeichneten einjährigen Bauzeit wird mit Ausnahme der Wintermonate und der sonst ausfallenden Tage die Maschine mindestens 200 Arbeitstage

à 10 Stunden im vollständigen Betriebe sein und werden während eines dieser Tage bei Annahme einer mittlern Mörtelgattung durchschnittlich $48 \times 10 = 480$ Cub.-Fuß (14,8 Cub.-Meter) Mörtel durch einen Arbeiter mit einem Taglohn von 1 Mark 25 Pfg. bereitet werden. Außerdem sind die Anlage- und Betriebskosten der erforderlichen einen Pferdekraft der Dampfmaschine in Rechnung zu ziehen, welche sich unter Berücksichtigung des besondern Hauptzweckes, für welchen die letztere länger dauernd und theilweise ausschließlich in Anspruch genommen wird sowie einer spätern anderweitigen Verwendung der Dampfmaschine im Durchschnitt höchstens auf 2 Mark 75 Pfg. täglich belaufen.

Auf Grund dieser Voraussetzungen kosten demnach durch die Mörtelmaschine producirt

100 Cub.-Fuß (3,1 Cub.-Meter) Mörtel

$\frac{135\frac{1}{8}}{200} \cdot \frac{100}{480}$ zur Tilgung der reinen Anlagekosten der Mörtelmühle . . . . = — Mark 43 Pfg.

$10 \cdot \frac{100}{480}$ des Arbeitslohns . . . . = — „ 26 „

$22 \cdot \frac{100}{480}$ der Kosten für eine Pferdekraft zum Betriebe der Mühle . = — „ 57 „

Summa: 1 Mark 6 Pfg.

Hierbei ist auf Unterhaltungskosten der Mörtelmühle nur in so weit Rücksicht genommen, als Ausgaben für Schmiermaterial und dergleichen in dem Ansatze für Bewegungskosten, der ohnehin ziemlich hoch gegriffen scheint, mitgerechnet sind. Eigentliche größere Reparaturen sind während einer einjährigen Gebrauchszeit der Maschine nicht vorgekommen.

Bei der Mörtelbereitung aus der Hand und in Mörtelpfannen können erfahrungsmäßig 4 Arbeiter in einem Tage zu 10 Stunden durchschnittlich 240 Cub.-Fuß (7,4 Cub.-Meter) Mörtel mittlerer Art produciren. Unter gleichen Umständen, wie oben angenommen, werden also 8 Arbeiter erforderlich sein, um in der Mörtelbereitung mit der Leistung der Maschine gleichen Schritt zu halten. Die Anlagekosten der hierfür erforderlichen Geräthe 2c. nebst ihren einjährigen Zinsen (siehe oben) betragen $96 + 96^4/_{100}) = 99$ Mark 84 Pfg., wovon nach Absatz des bleibenden Werthes von circa $^1/_4$ dieser Kosten in runder Summe 72 Mark zur Berechnung auf die Productionskosten bleiben. Außerdem sind für Unterhaltung der Geräthe mindestens 5 Procent ihrer Anschaffungskosten zu berechnen.

Es kosten demnach durch Arbeiter auf Mörtelpfannen aus der Hand producirt:

100 Cub.-Fuß (3,1 Cub.-Meter) Mörtel

$\frac{24}{100} \cdot \frac{100}{480}$ zur Tilgung der Anlagekosten für Geräthe 2c. . . . . = — Mark 7 Pfg.

$8 \cdot 10 \cdot \frac{100}{480}$ an Arbeitslohn . . . . = 2 „ 8 „

$\frac{(33^7/_{25} \cdot {}^5/_{100}}{200} \cdot \frac{100}{480}$ der Unterhaltungskosten für Geräthe 2c. . . = — „ $^1/_2$ „

Summa: 2 Mark $15^1/_2$ Pfg.

Eine Vergleichung des Vorbemerkten und der beiden Kostenberechnungen ergiebt:

Daß durch Anwendung der beschriebenen Maschine in der Mörtelfabrikation eine wesentliche Ersparniß, in dem vorliegenden Beispiele des Baues der Innerste-Brücke bei Sarstedt von mindestens 90 Pfg. pro 100 Cub.-Fuß (3,1 Cub.-Meter) erzielt wird;

daß auch die Raschheit der Bauführung daneben insoweit gefördert erscheint, als 1 Arbeiter an der Maschine dasselbe leistet, wie 8 Arbeiter bei Mörtelbereitung aus der Hand;

daß endlich die Qualität des producirten Mörtels jeder Art nicht allein gleichförmiger und besser ist, als wenn derselbe in Pfannen von Menschen durchgearbeitet wird, sondern, daß diese Gleichförmigkeit in den Gemengtheilen sich auch leichter constant erhalten, die Quantität des verbrauchten Mörtels besser controliren läßt.

Wo mithin bei einem größern Bauunternehmen eine Maschinenkraft zu Gebote steht, welche zum Betriebe der Mörtelmühle auf die eine oder andere Weise benutzt werden kann, muß die Aufstellung der vorliegenden Mörtelmaschine von bedeutendem Nutzen sein. Aber selbst da, wo ein selbstständiger Betrieb derselben durch Pferde einzurichten wäre, werden angestellte Rechnungen, je nach der Dauer der Bauzeit und dem Erforderniß an Mörtel, in den meisten Fällen sich zu Gunsten der Maschine aussprechen, welche daher im Interesse einer wohlfeilen, raschen und soliden Bauführung wohl empfohlen werden kann*).

§. 100. Die Fig. 50. zeigt den Verticalschnitt und Fig. 51. den Grundriß einer andern ziemlich verbreiteten Mörtelmühle mit zwei oder drei großen Wagenrädern, die von 2 Pferden in Bewegung gesetzt wird. Letztere sind unmittelbar an die nach außen verlängerten Radachsen a, a angespannt, welche sich meist im Mittelpunkt des ringförmigen Beckens unter rechten Winkeln schneiden und ein wohlverbundenes Kreuz bilden. Das trapezförmig gebildete Becken wird aus Backsteinmauerwerk hergestellt und hat an einer Stelle bei b eine mit einem Deckel verschließbare Oeffnung, durch welche der fertige Mörtel in die unter dem Becken angebrachte Grube zur Verladung in Schubkarren ablaufen kann. Der Durchmesser des Beckens darf nicht zu groß gewählt werden, weil sich sonst die während des Ganges bisweilen ungleichförmig eingeschütteten Materialien zu langsam mengen. Für den äußern Durchmesser ist 2 Meter, höchstens 2,50 Meter, für die obere Beckenweite etwa 0,80 Met., die Bodenbreite und die Tiefe 0,50 bis 0,68 Met. als praktisch erkannt worden. Die Räder d, d werden das eine dem innern, das andere dem äußern Beckenrande möglichst nahe aufgesteckt. Eine mittelst 4 Eisenstangen an einem der Kreuzbalken befestigte geneigte eiserne Schaufel e dient zur Entleerung ebensowohl als zur Mischung des Mörtels.

*) Notizblatt des Architecten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover. 2. Bd. 11—17.

Fig. 50.

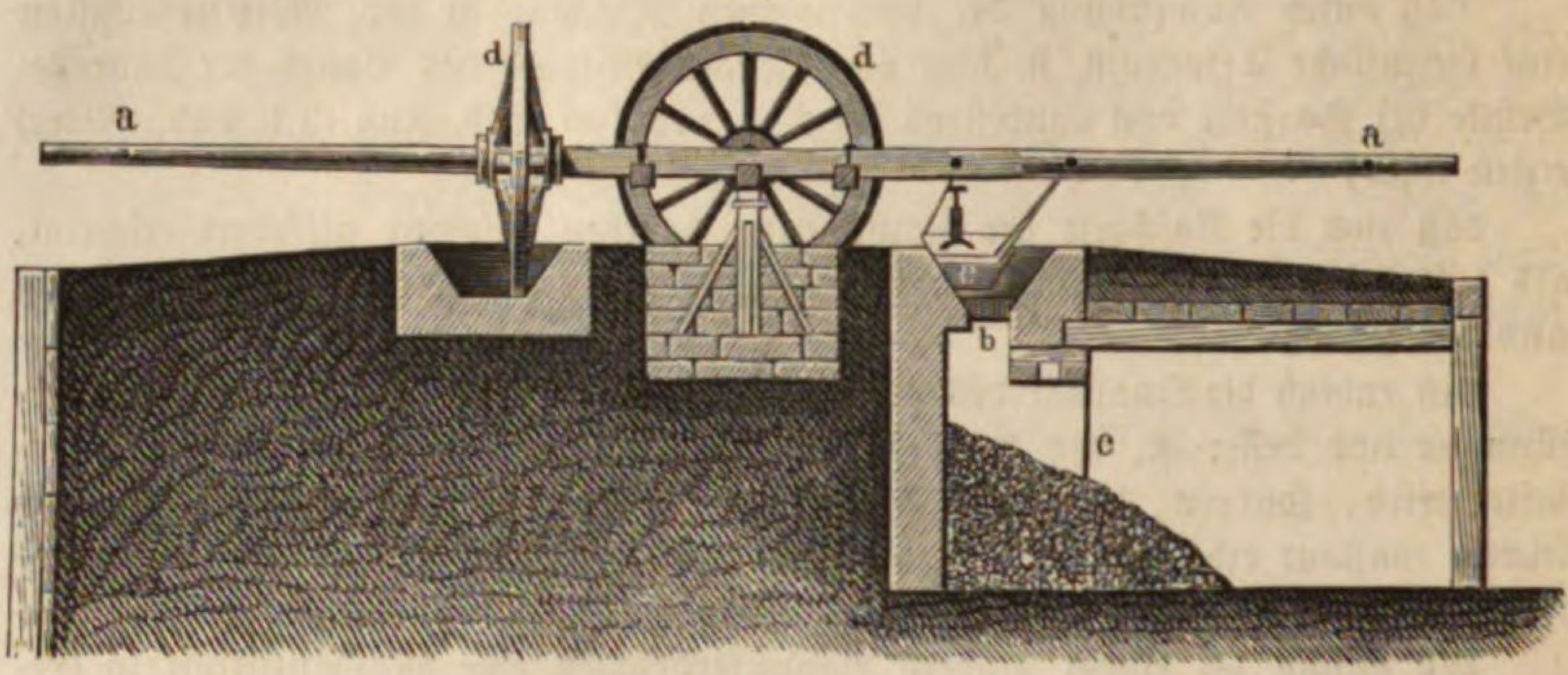
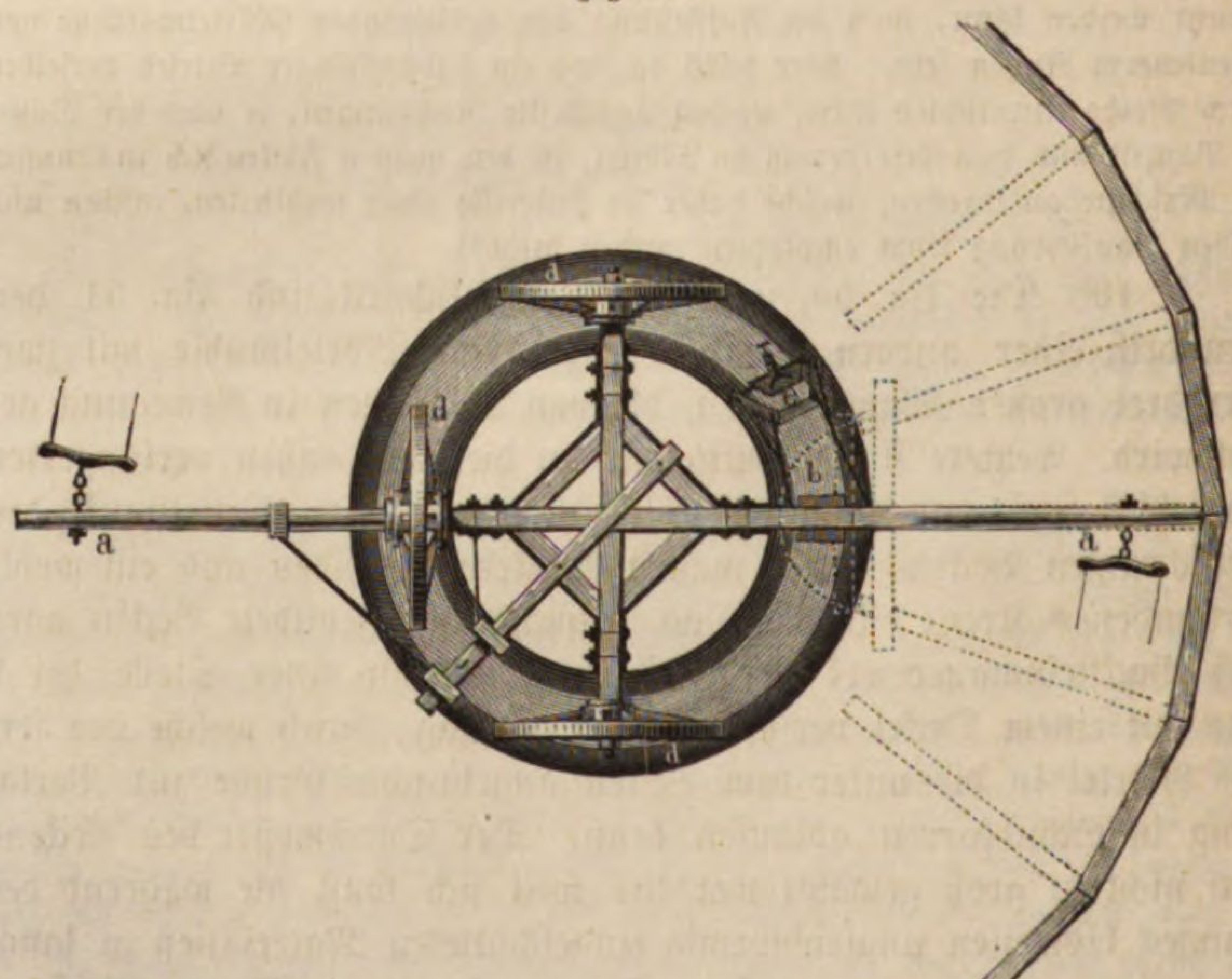
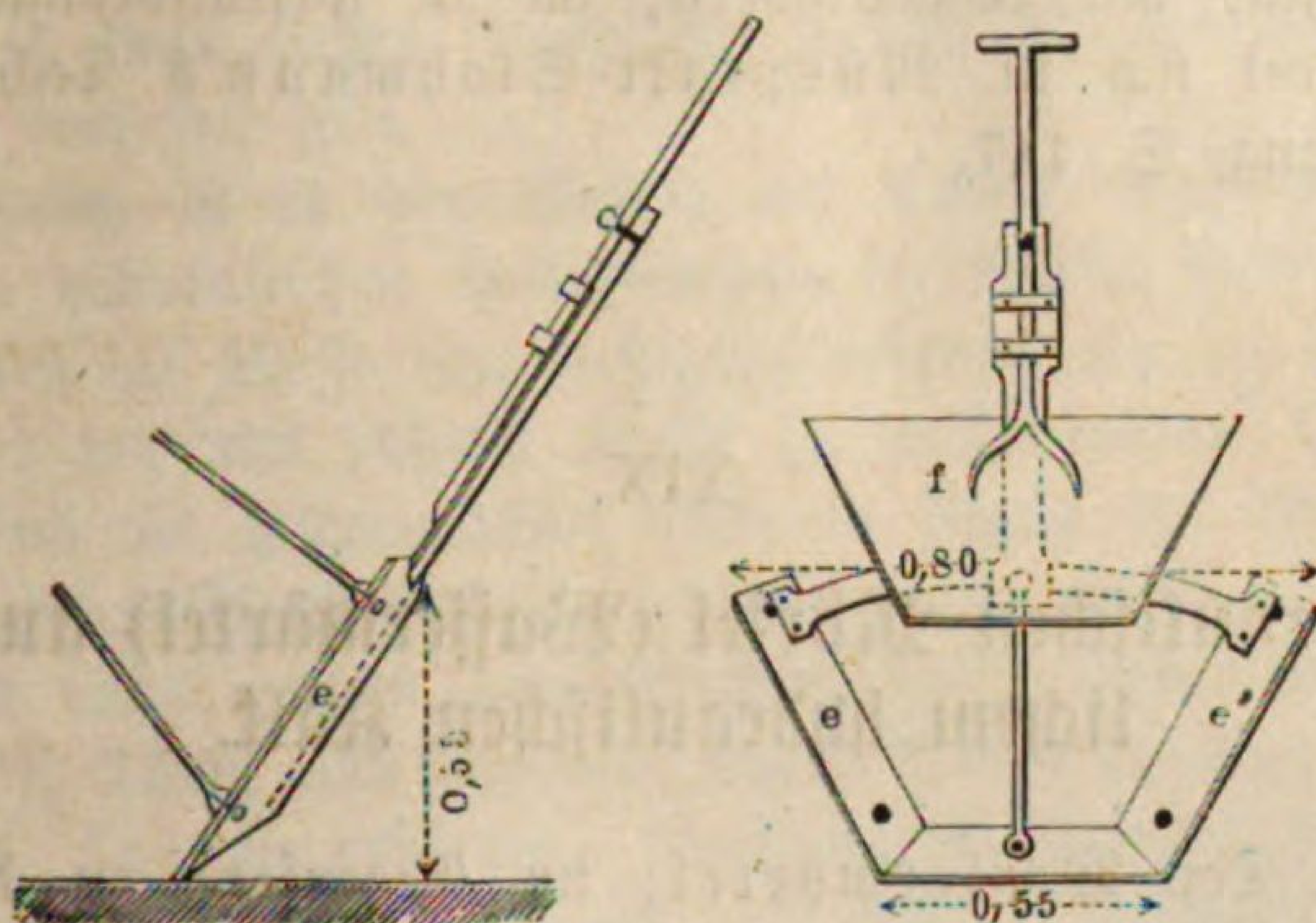


Fig. 51.



Figg. 52. und 53. zeigen dieselbe im größerm Maaßstabe. Der eiserne Rahmen e, e paßt in geneigter Stellung genau in das Becken und wird, wenn die verschiebbare Schaufel f heruntergelassen ist, von letzterer ganz bedeckt und streicht alsdann den Mörtel zusammen. Ist dagegen die Schaufel aufgezogen und durch einen eisernen Vorsteckstift oben festgehalten, so wird der Mörtel durch den Rahmen von dem Boden und den Wänden geschürft und unter die Räder geleitet. Das einfachste Mittel, ein dem Rahmen anpassendes Profil zu er-

Fig. 52. u. 53.



halten, ist, die Wände mit Gyps zu bewerfen und ehe dieser erhärtet ist, den Mechanismus umlaufen zu lassen. Zum Umwenden des Mörtels bedient man sich auch einer Art Pflug anstatt des Schaufelrahmens. Die Pflugschaaren, gewöhnlich drei an der Zahl für Wände und Boden, sind an einem horizontalen hölzernen Rahmen aufgehängt, der sich mittelst Rollen auf einem an den Rädern des Beckens angebrachten Schienenweg bewegt. Ein einfacheres aber unvollkommnes Mittel sind senkrechte, an einem der Kreuzbalken angebrachte Streich- und Rührhölzer. Ehe die Maschine in Gang gesetzt wird, legt man in der ganzen Ausdehnung des Beckens den für eine gewisse Menge, z. B. für einen Cub.-Meter, nöthigen Kalk ein. Erst wenn dieser nach einigen Umdrehungen mit dem Wasser etwas durchgearbeitet ist, wird die erforderliche Sandmenge, ohne übrigens den Gang der Mühle aufzuhalten, mit der Schaufel eingeworfen. Ist der Mörtel fertig, so läßt man ihn durch die eiserne Schaufel f gegen die am Boden des Troges befindliche Oeffnung scharren, wodurch er in die Grube fällt.

Nach dem Schlusse dieser Oeffnung wiederholt sich die Arbeit für den zweiten Cub.-Meter u. s. f. — In einem Tage können erfahrungsmäßig 15—20 Cub.-Meter Mörtel bereitet werden. —

§. 101. Außerdem hat man auch Mörtelmaschinen mit Wagenrädern, die in spiralförmigen Bahnen laufen, dieselben sind jedenfalls noch wirksamer als die zuvor beschriebenen, wo die Wege concentrische Kreise bilden; allein der Vortheil der stetig veränderten Berührung geht größtentheils dadurch verloren, daß die Construction complicirter und theuerer wird und solche auch mancherlei Veranlassung zu

Störungen giebt. Die Abbildung und Beschreibung einer solchen Mörtelmaschine mit Wagenrädern, die in spiralförmigen Bahnen laufen, findet sich in Muspratt-Stohmann's Techn. Chemie. Erster Anhang, S. 147.

XIX.

Vom hydraulischen Mörtel (Wassermörtel) aus natürlichem hydraulischen Kalk.

§. 102. Der Wassermörtel, im Gegensatze zu dem Luftmörtel, wird in Berührung mit Wasser, statt erweicht und ausgewaschen, immer fester, härter, es entsteht in ihm eine chemische Verbindung der Kieselsäure mit Kalk, Thonerde, es bilden sich mehrfache Silikate, welche eine steinharte Masse liefern. Aber nur unter Mitwirkung von Wasser erfolgt dieses Erhärten; weshalb denn auch dieser Mörtel an der Luft nicht hart wird, sondern Risse bekommt und austrocknet. Analysirt man erhärteten Wassermörtel, so findet man aufgeschlossene Kieselsäure, welche aus ihrer Verbindung mit Basen ausgeschieden worden; ein Beweis, daß das Erhärten in einer Bildung verschiedener Silikate seinen Grund hatte, welcher Proceß aber durchaus vom Vorhandensein von Wasser abhängig ist. Vicat hat Beobachtungen bekannt gemacht, wonach Magnesia die Kiesel- und Thonerde übernehmen kann und mit Kalk einen erhärtenden Mörtel giebt.

§. 103. Die Bereitung des Wassermörtels kann auf dreierlei Weise geschehen:

a) mittelst der natürlich-hydraulischen Kalke, (Roman-Cement),
b) mittelst fetten Kalks und eines Cements (thonhaltigen Zuschlags aus gebrannten oder vulkanischen Stoffen) und
c) durch künstlich-hydraulische Kalke (Portland-Cement).

Am einfachsten wird ein solcher Mörtel mit natürlichem hydraulischen Kalke bereitet, welcher bereits ein Cement in sich hat, indem er kieselsauren Kalk, kieselsaure Thonerde, Magnesia (Eisenoxydul) enthält. Die natürlichen hydraulischen Kalke sind immer mager,*) wohl manchmal ziemlich mager, aber nie fett. Von ihrer Farbe kann man nicht immer auf die Eigenschaften, welche sie besitzen, schließen,

*) Es giebt auch magere Kalke, die nicht hydraulisch sind, mithin im Wasser auch nicht erhärten.

denn eine geringe Menge Eisen reicht hin, um ihnen statt der gewöhnlichen Weiße des Kalks eine fahle, gelblich-grüne oder röthliche Farbe zu geben, es kann daher sowohl ein weißer als ein gefärbter Kalk hydraulisch oder fett sein.

Namentlich ist es der Gehalt an Thon- und Kieselerde, welcher den hydraulischen Kalk befähigt, im Wasser schnell und so zu erhärten, daß die Masse eine Festigkeit erlangt, die oft sogar größer ist als jene der mit obigem Kalke zu verbindenden Quadersteine. Demnach sind die hydraulischen Kalke in Bezug auf ihre Güte nach Maaßgabe ihres Thongehaltes verschieden und zwar:

a) Die sehr guten hydraulischen Kalke enthalten gewöhnlich 24 bis 30% Thon, und beginnen unter Wasser zwischen dem dritten und achten Tage zu erhärten. Nach einem Monate sind sie schon so hart, daß man ihre Außenseite mit dem Zahnhammer bearbeiten kann. Ihr Bruch ist in 12 bis 24 Tagen nach der Verwendung schuppig. Eine ihrer vorzüglichsten Eigenschaften ist, daß sie nicht sehr schnell, sondern erst in der genannten Zeit fest werden. Während 20 Jahren werden sie immer fester, wonach sie an Härte und Festigkeit oft die besten Steine übertreffen.

b) Die ziemlich guten natürlichen hydraulischen Kalke enthalten gewöhnlich mehr oder weniger Thon, als die unter a bezeichneten Gattungen und zwar beiläufig 30 bis 45% oder 20 bis 25% Thon. Sie erhärten unter Wasser, vom ersten Tage gerechnet, innerhalb 14 bis 20 Tagen. Erstere erlangen schon nach einigen Tagen eine außerordentliche Festigkeit, und sind besonders zu Gesimsen und architektonischen Verzierungen an Gebäuden anwendbar, aber ihre Güte nimmt mit der Zeit an der Luft ab.

c) Der weniger als 20% Thon enthaltende Kalk ist auch nur wenig hydraulisch und zwar vermindert sich der Grad dieser seiner Eigenschaft mit der Abnahme des Thongehaltes; ein solcher, nicht genug magerer Kalk wird, wenn er noch unter 14% Thon enthält, wohl ebenfalls im Wasser erhärten, aber nie so fest, als die oben erwähnten Gattungen werden. Dieser Kalk giebt aber einen vorzüglichen Mörtel.

d) Enthält der Kalk dagegen 50 bis 60% Thon, so ist er zu mager und verträgt kaum eine Beimengung von Sand; daher ist er ohne Zusatz von fettem Kalke ein sehr kostspieliges Baumaterial und kann zum Verbinden der Werkstücke, wenn er mit Wasser angemacht wird, sofort angewendet werden; behufs einer Bétonbereitung muß man ihn alsbald nach erfolgtem Ablöschen auch sogleich und zwar

ohne Sand zuzusetzen mit Steinschlag mengen, und sogleich rasch verwenden, bevor er erhärtet.

e) Wenn der Kalk 60 bis 80% Thongehalt hat, besitzt er nicht mehr die Eigenschaft, ohne Zusatz eines fremden Stoffes im Wasser zu erhärten, und das Material geht dann in einen Zuschlag (Cement) über. Solcher muß zu Pulver vermahlen und mit fettem Kalke vermengt werden, wodurch letzterer hydraulische Eigenschaften erlangt; derselbe gehört dann in die Reihe der künstlichen hydraulischen Kalke oder Cemente, wovon später die Rede sein wird.

§. 104. In die Kategorie der natürlichen hydraulischen Kalke gehören namentlich die verschiedenen Kalkmergel und Kalkmergel-Nieren, sowie der aus letzteren gefertigte englische Roman-Cement, sowie der französische Plâtre-ciment de Boulogne sur mer. Das Brennen des Kalkmergels ist oben in §§. 61 bis 68 ausführlich behandelt. Zu bemerken ist noch, daß nicht jeder Mergel von gleichem Thongehalte gleichmäßig behandelt einen gleich guten hydraulischen Kalk liefern wird. Der Grund liegt hauptsächlich in dem Verhältnisse der Kieselsäure, der physischen Beschaffenheit des Thones, den beigemengten Substanzen 2c. Ein Gehalt an Magnesia, Gyps schadet nicht.

§. 105. Der römische Cement, auch Parker's Roman- oder englischer Patentcement genannt, ist ein sehr hydraulischer Mörtelstoff, welcher zuerst 1796 in London verfertigt wurde. Das Fossil, welches zur Bereitung desselben angewendet wird, nennt man in England Cementstein; es sind Kalksteinnieren, die einzeln in mächtigen Thonlagern liegen. Sie kommen meistens (wie §. 18 erwähnt) in denjenigen Thonschichten vor, welche mit den Kalksteinbänken der Oolithenformation wechseln, in derjenigen Thonschicht, welche über der Kreide liegt und Londonclay heißt, und werden an verschiedenen Stellen der englischen Meeresküste, sowie an den Ufern der Themse gewonnen.

Nach den Untersuchungen des Dr. Kaiser besteht die beste Sorte des englischen Cementsteins aus Harwich an der Küste bei Essex 100 Theile aus:

22,00	Thon,
9,40	Eisen- und Manganoxyd,
63,45	kohlensaure Kalkerde,
2,50	phosphorsaure Kalkerde,
1,50	kohlensaure Magnesia,
1,15	Kali (im ätzenden Zustande)
100,00	

Die Geschiebe wechseln sehr in Hinsicht auf Größe. Sind sie groß, so werden sie mit Hämmern in Stücke von der Größe einer Faust zerschlagen, und dann in einem continuirlichen Ofen gebrannt. Der Stein wird in diesem Ofen bei der Gicht eingetragen und zwar in dünnen Schichten abwechselungsweise mit Coke-Klein geschichtet. Ein Bushel (= 36,35 Liter) Coke-Klein genügt zum Brennen von 15 Bushel Cement. Er wird in diesem Ofen gegen 30 Stunden einer Rothgluth ausgesetzt, und nach Ablauf dieser Zeit am Ausstiche herausgenommen. Die Hitze muß sorgfältig mittelst eines Registers regulirt werden, da sich der Stein leicht verglast und in diesem Zustande unbrauchbar ist. Im Allgemeinen braucht die Hitze weit geringer zu sein, als sie zum Brennen des gewöhnlichen Kalksteins erforderlich ist. Die gebrannten Steine werden nach dem Abkühlen mit der Hand sortirt, wobei man die verglasten wegwirft und die unvollkommen gebrannten nochmals in den Ofen wirft. Der gut gebrannte Stein wird mit Stampfen in Stücke von der Größe einer Nuß zerstoßen, und dann auf einer Mühle mit verticalen Steinen zum feinsten Pulver gebracht. Dieses Pulver wird gewöhnlich in Kisten, die inwendig mit Papier ausgefüttert sind und von denen eine 5 Bushels faßt, gepackt. Sechs solcher Kisten wiegen mit Einschluß der Kisten gegen eine Tonne. Das Mahlen und Verpacken in die Kisten, sowie die luftdichte Verschließung dieser letztern soll so schnell als möglich nach dem Brande geschehen. Die Masse läßt sich, wenn sie gehörig gegen Feuchtigkeit geschützt ist, bedeutend lange Zeit aufbewahren; am besten ist es jedoch, wenn man sie unmittelbar in Anwendung bringt. Die Farbe dieses Cements ist dunkel braun-roth. Beim Anmachen mit Wasser saugt der Cement wenig Wasser ein, erwärmt sich kaum merklich und nimmt leicht sehr im Umfange zu.

Guter Roman-Cement erhärtet beiläufig in 15 Minuten, weshalb denn keine größere Menge auf einmal angemacht werden soll, als innerhalb dieser Zeit verbraucht werden kann. Der Roman-Cement erhitzt sich, mit Wasser behandelt, kaum merklich. In reinem Zustande wendet man ihn nur in solchem Mauerwerke an, welches den Einwirkungen der Wellen zu widerstehen hat. Für alle anderen Fälle wird diesem Cement noch Sand als Mörtelmasse zugesetzt; für Mauerwerk, welches in nassem Boden steht, nimmt man ca. 6 Theile Roman-Cement und 4 Theile Sand. Für Putz nimmt man 1 Theil Cement und 6 Theile Sand und rührt das Gemenge mit Wasser zu einem Mörtel an.

Um die Vermengung vorzunehmen, ermittle man zuerst durch Versuche, welche Quantität Sand der anzuwendende Cement verträgt.

Der Sand soll von verschiedenem Grade der Feinheit, scharf, rein, trocken sein. Seine Vermengung mit dem Cementpulver soll in trocknem Zustande geschehen. Die nöthige Quantität reinen Wassers, welche gleichfalls im voraus durch Versuche bestimmt werden soll, muß mit einem Male zugesetzt und das Ganze rasch zu einem Teige verarbeitet werden. Dieser Teig ist ohne Verzug zu verwenden, und darf während des Erhärtens nicht im geringsten gestört werden. Die miteinander zu vereinigenden Oberflächen sollen weder mit Staub noch mit Mörtel verunreinigt und gut befeuchtet sein, indem der Cementmörtel, wenn das Wasser durch die trocknen Steine entzogen wird, nicht erhärtet.

Bereits im Jahre 1796 ließ sich J. Parker von Northfleet auf die Bereitung seines Cementes ein Patent ertheilen, verband sich hierauf mit Wyatt, der unter der Firma Wyatt Parker & Compagnie bis zu diesem Tage ausgezeichnete Geschäfte machte. 1801 entstand die Fabrik von Francis und Whyte in London, seitdem noch viele andere, unter denen die von Francis, Whyte & Francis, welche bis jetzt den Vorrang vor allen Londoner Fabriken behauptet und sehr ausgedehnte Geschäfte macht.

1 Tonne Roman-Cement wiegt durchschnittlich 305,8 Pfd. und giebt lose gemessen 131,3 Liter aus.

§. 106. Im Jahre 1802 hat Lésage das Vorkommen ähnlicher Cementsteine auf der gegenüberliegenden französischen Küste bei Boulogne bekannt gemacht, und später Drapiez die Gleichheit derselben mit den englischen durch Analyse nachgewiesen. Man nennt sie dort galets de Boulogne; sie kommen in losen Geschieben vor, sind von rostbrauner Farbe, hart, schwer zerbrechlich. Der Bruch ist ganz verschieden, gewöhnlich rein und eben, auch muschelig, zuweilen uneben und gerieft; graulich von Farbe, von sehr feinem und geschlossenem Korne, trübem Schein; fühlt sich etwas fettig an und weniger kalt als die äußere Rinde. Durch die Lupe bemerkt man einige glänzende Punkte; auch hängt der Bruch leicht an der Zunge. Der Stein schlägt an dem Stahl keine Funken und giebt mit dem Messer einen weißgrauen Strich, welches auch die Farbe des gemahlenen Steins ist. Er braust mit Salpetersäure stark auf, entwickelt dabei salpetersaures Gas und hinterläßt auf der Oberfläche einen deutlichen Rostfleck, der auf dem Bruche fast nicht bemerkbar ist. Die Galets von Boulogne haben wie alle Gerölle eine ziemlich unregelmäßige Gestalt, mehr oder weniger länglich, zuweilen platt. Specifisches Gewicht 2,16. Nach der Analyse von Drapiez bestehen

sie aus: 61,6 kohlensaurem Kalk, 6,0 Eisenoxydul, 15,0 Kieselerde, 4,8 Thonerde, 3,0 Eisenoxyd, 6,6 Wasser. Der von Lésage aus Galets bereitete Cement geht unter der Benennung Plâtre ciment de Boulogne sur mer, und besteht aus 54,0 Kalk, 31,0 Thon und 15,0 Eisenoxyd.

Die Galets werden in konischen Oefen mit ununterbrochenem Feuer und Steinkohlen gebrannt, wie andere Kalksteine; die Leitung des Feuers erfordert aber viel Vorsicht, weil, wenn die Hitze nicht gemäßigt gehalten wird, der Cement einen Anfang von Schmelzung erleidet und dann nicht zu gebrauchen ist. Durch das Brennen verliert der Stein 0,383 seines Gewichtes, nimmt eine gelbliche Farbe an, die zuweilen mit langen, braunen und röthlichen Flecken gemischt, fühlt sich dann sehr milde an und läßt, ohne fett zu sein, an den Fingern einen sehr feinen Staub; er hängt dann stark an der Zunge. Man kann ihn lange ohne Nachtheil aufbewahren, wenn er gegen Feuchtigkeit geschützt wird.

Im Wasser gelegt, löſ't der gebrannte Stein sich nicht, wie der lebendige Kalk; durch Mahlen bringt man ihn in sehr feines Pulver, welches mild und selbst ein wenig fett anzufühlen ist, von Farbe grau mit leichtem Gelb gemischt ist, beim Anfeuchten mit Wasser aber rostbraun wird. Packt man das Pulver in verschlossene Fässer, so hält es sich lange, bei Luftzutritt verdirbt es aber schnell, durch Anziehen der Feuchtigkeit.

§. 107. Wie in §. 18. mitgetheilt wurde, kommen ähnliche Kalkmergelnieren auch in Deutschland und Ungarn vor und werden dieselben auch mehrfach zur Darstellung eines natürlichen hydraulischen Mörtels benutzt. Meistens werden jedoch die vielfach in der Natur vorkommenden kalkthonigen (Mergel) Bildungen (vergl. §. 17.) hierzu verwendet. Insbesondere bildet das bayerische Hochgebirge eine sehr ergiebige Fundquelle für ausgezeichnetes Cementmaterial, wie denn auch der sehr geschätzte, in seiner Zusammensetzung dem Portland-Cemente sehr nahe kommende Staudacher-Cement aus dem am Fuße des Hochhornes gewonnenen natürlichen Material direct bereitet wird. Ebenso sind in den letzten 30 Jahren 8 größere Fabriken der Art mit ca. 40 Brennöfen im nördlichen Tyrol bei dem Orte Häring in der Nähe von Kufstein entstanden, von denen die größte (v. A. Saullich) durch eine Dampfmaschine von 80 Pferdekraft die übrigen durch Wasserkraft betrieben werden. Diese sämmtlichen tyroler Fabriken verarbeiten jährlich an 2 Mill. Centner Mergel und erzeugen daraus 1 ½ Millionen Centner Cement und hydraulischen Kalk, welche nach den gesammten österreichischen

Kaiserstaaten, Süddeutschland, Italien, der Türkei und den Donaufürstenthümern abgesetzt werden, und deren Werth nahe 1 Million Gulden beträgt. Zu dieser Produktion werden an Brennmaterial 500 Klafter Holz, 300,000 Centner Mineralkohlen und außerdem die bedeutenden Abfälle und Sägespähne von der Faßfabrikation verwendet und finden bei der Cementindustrie über 500 Menschen Beschäftigung. Die Arbeiter verdienen dabei 1 fl. bis 1 fl. 20 kr. und ein Meister 2 fl. 50 kr. pr. Tag. Mit diesen Fabriken sind eigene Faßfabriken verbunden, wo mittelst Daubensägen die nöthigen Faßdauben gefertigt werden. Die Herstellung der Cementfässer erfordert jährlich an 40,000 Stück Holzklötze.

Die Annalyse des Cements von A. Saullich weißt folgende Bestandtheile nach:

Kalk	55,78,
Bittererde	1,62,
Thonerde	8,90,
Eisenoxyde	6,05,
Kali	0,75,
Natron	1,06,
Kieselsäure	22,53,
Kohlensäure	1,46,
Schwefelsäure	1,85,
	100,00.

Beim Vergleich mit der procentischen Zusammensetzung des englischen Portland-Cements, welche im XXIV. Capitel mitgetheilt wird, ergeben sich nur ganz geringe Abweichungen, die nicht von Einfluß sind. Es wird daher auch dieser vorzügliche Cement als Kufsteiner- oder Perlmooser-Portland-Cement in den Handel gebracht, obgleich wie bemerkt, derselbe aus einem natürlichen hydraulischen Kalk besteht.

Chemische Untersuchungen des Mergels, aus welchem der Kufsteiner hydraulische Kalk gebrannt wird, haben ergeben:

In Salzsäure lösliche Bestandtheile:

Kohlensaurer Kalk	70,64,
Kohlensaure Bittererde	1,02,
Eisenoxyd	2,58,
Thonerde	2,86,
Gyps	0,34,
Wasser und organische Substanzen	0,79,
	78,23.

Gesammtmenge der in Salzsäure löslichen Bestandtheile.

In Salzsäure unlösliche Bestandtheile:

Kieselerde	15,92,
Thonerde	3,08,
Eisenoxyde	1,40,
Kali	0,55,
Natron	0,82,
	21,77.

Gesammtmenge der in Salzsäure unlöslichen Bestandtheile.

Das Brennen des natürlichen hydraulischen Kalks erfolgt gewöhnlich in den in §. 50 bis 60 beschriebenen continuirlichen Oefen. Bei dem weniger festen Mergel kann der Ofen Fig. 9. und 10. (auf S. 42) oder die in §. 63—65. beschriebene Beschickung des Ofens Fig. 37. und 38. empfohlen werden.

Das Mahlen und Sieben des Cements aus natürlichem hydraulischen Kalke wird später im Capitel XXIII. behandelt werden.

XX.

Vom Wassermörtel aus fettem Kalk und einem thonhaltigen Zuschlag aus gebrannten oder vulkanischen Stoffen.

§. 108. Wir kommen nun zu der zweiten Art der Bereitung des hydraulischen Mörtels, indem man dem fetten Kalke verschiedene Zuschläge zusetzt, welche demselben ebenfalls die Eigenschaft ertheilen, im Wasser zu erhärten; man nennt diese Zuschläge auch natürliche Cemente. Dieselben enthalten kieselsaure Verbindungen, welche häufig in der Natur anzutreffen und so beschaffen sind, daß sie in fein gepulvertem Zustande für sich allein im Wasser nicht erhärten, aber dem fetten Kalke beigemengt, auf diesen entweder geradezu chemisch einwirken und ein im Wasser erhärtendes Produkt geben, oder daß sie leicht durch's Brennen für sich oder mit etwas Kalk in diesen Zustand versetzt werden können. Statt dieser Naturprodukte kann man auch verschiedene Kunstprodukte anwenden, welche Silikate enthalten. Diese natürlichen Cemente oder Zuschläge werden überall gefunden, wo vulkanische Ablagerungen sich befinden; sie brauchen nicht gebrannt zu werden, da sie bereits von der Natur dem Feuer genügend ausgesetzt waren.

Unter diese Cemente gehören:

§. 109. a) Der Traß- oder Duckstein, eine erdige, schmuziggelbe, in's Graue und Braune ziehende, poröse, auch mehr oder minder dichte Masse, findet sich in Bänken von einigen Fußen Mächtigkeit abgetheilt, enthält eingemengt Bimsteinrollstücke, weniger häufig Basalt-Trachytbrocken, Schlackentrümmer, Baumstämme, Holzkohlen, Pflanzentheile. Der Duckstein ist ein vulkanisches durch Wasser aufgeschwemmtes Conglomerat, füllt Thäler aus, Lager von 3—7^m Stärke bildend. Man findet denselben in den Schiefergebilden des Rheinufers eingelagert, größere und kleinere Spalten desselben erfüllend, besonders im Brohl-Nettertthale, in der Gegend von Andernach, bei Pleit, Rheinbrohl, Tönesstein, in der Eifel; in Bayern, im Ries bei Monheim, am Habichtswald, (preuß. Provinz Hessen); im Norden von Irland. Er wird gepocht oder gemahlen und heißt dann Traß, es ist aber besser, ihn erst kurz vor dem Gebrauche zu mahlen, da er sonst an der Luft liegend an seiner Kraft verliert. Der Andernacher Traß kommt in zweierlei Formen vor: einmal als fester Stein, den man ächten Traß nennt, und sodann als Sand, der milder Traß genannt wird. Nur ersterer wird zur Mörtelbereitung verwendet. Der Traßstein ist oft in seinen obern Schichten ca. 1^m hoch verwittert, erdig und unbrauchbar, ebenso wie der an der Luft zerfallene Stein. Geglüht gewinnt er eine braunrothe Farbe, mit Säuren brauset er nicht auf; sein innerer Gehalt wird um so höher geschätzt, je fester und schwerer er zu zermalmen ist, da weiche Steine gewöhnlich unreiner und erdiger sind.

Will man die Güte des Trasses nach seinen äußern Kennzeichen beurtheilen, so kann dieses nur mit einiger Sicherheit geschehen, wenn er noch nicht pulverisirt ist. Er muß möglichst fest und hart sein, so daß die scharfen Ecken sich nicht abbrechen lassen. Besonders muß der Traß sich scharf anfühlen und möglichst frei sein von fremden Beimengungen. Wenn der Traß pulverisirt ist, so pflegt man seine Güte nach dem Niederschlage zu beurtheilen, der sich bildet, sobald man ihn in ein Glas Wasser geschüttet und dieses umgerührt hat. Am besten ist der Traß, wenn der Niederschlag vollständig erfolgt und keine verschiedenen Schichten sich darin zu erkennen geben. Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses besteht darin, daß man durch directe Versuche sich von seiner Bindekraft überzeugt.

Der ächte Traß wird in Stücken von etwa einem halben Cub.-Fuß gebrochen und nachdem er etwas getrocknet ist, pulverisirt. Zum Pulverisiren dienen am häufigsten Stampfwerke; erst in neuerer

Zeit hat man angefangen, den Traß auch zu mahlen. Der gemahlene Traß ist feiner vertheilt wie der gepochte, und verdient daher den Vorzug.

Das specifische Gewicht des Trasses ist 0,8—1,07. Er besteht aus 57,0 Kieselerde, 16,0 Thonerde, 2,6 Kalk, 1,0 Magnesia, 7,0 Kali, 1,0 Natron, 5,0 Eisen- und Titanoxyd, 9,6 Wasser. Nach einer andern Analyse aus: 48,938 Kieselsäure, 18,950 Thonerde, 12,345 Eisenoxyd und Manganoxyd, 5,407 Kalk, 2,420 Magnesia, 3,556 Natron, 0,371 Kali, 7,056 Wasser und Ammoniak. Der in Salzsäure lösliche Theil betrug 49,0, der unlösliche 42,98%. In Amsterdam bereitet man auch einen künstlichen Traß, es ist dieses eine aus dem Meeresgrunde geförderte Thonerde, welche stark gebrannt wird.

Ohne Zusatz von Wasser mit Kalkbrei im Verhältniß von 2 Traßvolumen zu 1 Kalkteigvolumen innig gemengt, woraus 2 Theile Mörtel entstehen, und naß unter Netzung der Steine verarbeitet, giebt der Traß einen vorzüglichen Wassermörtel, welcher in drei Tagen unter der Erde erhärtet und felsenfestes Mauerwerk erzeugt. Ein Volumtheil dieses Traßmörtels mit zwei Volumtheilen klein geschlagener Ziegel- oder Sandsteinbrocken gemengt, giebt den bei Fundirungen im Wasser oft unersetzlichen Béton, wovon weiter unten ausführlich die Rede sein wird. Zu Mauerwerk über der Erde angewendet, muß man sich des verlängerten Traßmörtels, aus 1 Volumen Traßmehl, 1 Volumen Kalkteig und 1 Volumen Mauersand bedienen, da der fette Traßmörtel im Trocknen nicht hält, sondern Risse bekommt und zerfällt. Zu empfehlen ist auch 4 Theile hydraulischer Kalk, 5 Theile Traß und 5 Theile Sand. Andere Vorschriften zu Traßmörtel sind: 1 Theil Kalk, 1 Theil Traß und 4 Theile Sand. Ferner 2 Theile gelöschten Kalk, 1 Theil Traß und 6 Theile Sand. Dieser Mörtel ist nicht in stark reißendem Wasser zu verwenden, ist aber zum Eindecken der Dächer vorzüglich.

§. 110. b) Die Puzzolanerde, vulkanischer Tuff, hat ihren Namen nach der Stadt Puzzuoli, von der sie durch die Römer zuerst bezogen sein soll; sie ist eine lockere, weiche, fast zerreibliche, aschgraue, gelblich-braune, schwarze glanzlose Masse, im Bruche theils feinkörnig, eben, theils erdig, bald ziemlich frei von Einmengungen, bald verschiedene Fossilien und Felsarten einschließend, von deutlicher Schichtung. Die Masse ist ein eisenhaltiger Thon, der durch das Feuer der Vulkane einem hohen Hitzgrad ausgesetzt war; sie rührt von Stücken poröser Lava her, die, vom Wasser fortgeschwemmt, an

entfernten Orten abgelagert wurden. Die Puzzolane bildet zusammenhängende Hügel von ziemlicher Ausdehnung an der südwestlichen Seite der Appeninenkette, in der Gegend von Rom bis gegen die Pontinischen Sümpfe und Viterbo, Bolsena und Puzzuoli bei Neapel; am besten ist die in alten Lavaströmen gefundene Puzzolane. Auch findet sich vulkanischer Tuff in der Auvergne, Vivarais, Martinique.

Die Puzzolane enthält jederzeit kleine Feldspathkrystalle, weiße Leucitflocken und eine Menge schwarzer, kohlenähnlicher Bimsteinstücke von allen Formen. Die Höhlungen der letztern sind mit einer pechartigen Haut überzogen. Die Puzzolane besteht aus

Kieselerde	60—55,
Thonerde	19—20,
Kalk.	6—5,
Eisenoxyd	15—20.

Bisweilen ist das Eisen metallisch, die Puzzolane ist dann magnetisch; diese Eigenschaft verliert sich aber, sobald sie angefeuchtet oder geglüht wird, denn in beiden Fällen oxydirt das Eisen und verliert also seine magnetische Eigenschaft. Wird sie angefeuchtet, so verursacht die Oxydation des Eisens ein Aufschwellen der Masse, sie erhärtet nur unter dem Wasser und wird für dasselbe undurchdringlich. Wegen dieser Eigenschaft ist sie für den Wasserbau von größtem Werthe; man braucht sie daher, wo die Kosten ihre Beschaffung erlauben, zu Wasserbauten und zum Ausstreichen der Fugen.

Die Bereitung dieses Mörtels geschieht in Italien in folgender Weise: Man nimmt soviel frisch gebrannten Kalk, als man ohne Unterbrechung zu verarbeiten gedenkt, breitet ihn in runder Fläche aus und umgiebt ihn mit einem kreisförmigen Bord von Puzzolane, zur Fassung des Löschwassers. Auf den Kalk gießt man sehr allmälig so viel Wasser, daß er zu Pulver zerfällt, worauf man ihn durch Zusatz von noch mehr Wasser in breiartige Consistenz verwandelt. Jetzt vermengt man die Puzzolane damit, wobei einige Arbeiter, einmal ums andere, Puzzolane und groben Sand auf den Haufen streuen, während die Masse von den Uebrigen sorgfältig durchgearbeitet wird. Das Verhältniß dabei ist: 2 Theile Kalk (als Pulver gemessen), 1 Theil Puzzolane und 1 Theil Sand. Man nimmt auch 2 Theile Kalk, den man durch Eintauchen gelöscht und in Pulverform gemessen hat, und 3 Theile Puzzolane ohne Sandzusatz.

§. 111. c) Die Santorinerde (sonst auch Aspe genannt). Dieselbe kommt von der Insel Santorino, welche eine der süd-

lichsten Inseln Griechenlands ist und durch geognostische Untersuchungen sich als der größere Theil eines noch nicht ganz ausgebrannten Vulkans erwiesen hat. Diese Insel ist fast auf ihrer ganzen Oberfläche mit einer mächtigen hellgrau gelblichen, oder hellgrau röthlichen, weichen, leicht zerreiblichen, erdigen Masse bedeckt. Diese Erdschicht giebt die sog. Santorinerde und besitzt vorzügliche hydraulische Eigenschaften. Sie ist im Anfühlen sehr scharf und trocken und enthält eine Menge kleinerer und größerer poröser, leicht zerreiblicher Körner, die aus Bimstein, trachytischen Breccien, Tuff bestehen und auf Wasser schwimmen; specif. Gewicht 1,55 bei 10° Réaum. Sie besteht aus: 68,50 Kieselerde, 13,31 Thonerde, 5,50 Eisenoxyd, 4,71 Natron, 3,13 Kali, 2,36 Kalk, 0,73 Magnesia, 0,31 Kochsalz, 1,05 Wasser. —

Es scheint, daß schon die alten Griechen und Römer sich der Santorinerde bedient haben, wie aus der Menge von Höhlen geschlossen werden darf, welche durch sie in jene Insel gegraben wurden. Viele Jahrhunderte nach ihnen wurde kein Gebrauch davon gemacht, und es blieb den Ingenieuren Griechenlands unserer Zeit (namentlich dem Geniehauptmann v. Weiler ums Jahr 1841) vorbehalten, die Eigenschaften und Vortheile dieser Erdart für das Baufach wieder ans Licht zu ziehen.

In neuerer Zeit wird die Santorinerde in Griechenland zu allen Baulichkeiten sowohl in als außer dem Wasser ohne Ausnahme verwendet. Auch bei den großen Seebauten in Algier hat man die Santorinerde mit Erfolg in Anwendung gebracht. In Syra, Triest und Venedig sind seit dem Jahre 1843 viele Wasserbauten mit Santorinmauerwerk ausgeführt,

Das Santorinmauerwerk, welches stets unter Wasser bleibt, wird zusammengesetzt aus: 7 Theilen Santorinerde, 2 Theilen gelöschten fetten Kalk, 7—9 Theilen zerschlagene Steine.

Für Mauerwerk, welches zeitweise über den Wasserspiegel zu stehen kommt, nahm man: 6 Theile Santorinerde, 2 Theile fetten Kalk, 6—7 Theile Steine.

Bei Ausführung des Santorinmauerwerks wird abwechselnd eine 0,6 Meter hohe Lage von Mörtel und eine ebenso hohe Steinlage zwischen die vorher aufgestellten Holzwände gebracht. Erstere läßt man 2 bis 3 Tage ruhen, bis sie so hart ist, daß sie dem Fingerdrucke Widerstand leistet; letztere wird mittelst Stampfens mit der erstern vermengt. Nach 14 bis 20 Tagen kann man die Holzwände wegnehmen und dieselben zur Fortsetzung des Baues wieder verwenden. Sowohl in See- wie in süßem Wasser ist die Santorinerde brauchbar.

Der Preis der Santorinerde wird in Syra frei am Ufer zu 5,04 Francs pro Cub.-Meter angegeben.

§. 112. d) Bimstein ist schwammig, blasig, löcherig, von unregelmäßiger Gestalt, meist verworren, faserig, weiß ins Perlgraue und Gelbe; Strich weiß; Glasglanz bis Seidenglanz; durchscheinend, seltener durchsichtig; im Bruche klein-muschelig und erdig; spröde; fühlt sich rauh und scharf an. Nach Klaproth besteht der liparische Bimstein aus: 17,5 Thonerde, 3,0 Kali und Natron, 77,5 Kieselerde, 1,75 Eisen- und Manganoxyd. Der Bimstein ist in Säuren unauflöslich und schmilzt vor dem Löthrohr zu blasigem Glase. Er findet sich in der Nähe älterer und neuerer Vulkane und wird von letzteren noch ausgeworfen; man findet ihn daher auf den liparischen Inseln, bei Rom, auf Island, Teneriffa, Kamtschatka, am Laachersee bei Coblenz, in Ungarn rc. Gepulvert giebt der Bimstein, mit gelöschtem gewöhnlichen Kalke gemengt, einen guten Wassermörtel.

§. 113. In den Niederlanden bedient man sich der Asche von Tournay zur Bereitung eines stark bindenden Mörtels mit hydraulischen Eigenschaften. In der Gegend von Tournay wird aus einem kiesel- und thonhaltigen Kalksteine, mit einer Art schieferiger Pechkohle, die in der Nachbarschaft gefunden wird, Kalk gebrannt. Ist der Kalk vollständig ausgebrannt, so fallen während des Ausleerens vom Ofen eine Menge kleiner Kalktrümmer auf den Boden des Ofenherdes in die Steinkohlenasche; dieses Gemenge, welches aus Steinkohlenasche und ungefähr $\frac{1}{4}$ gebrannten Kalks besteht, ist die Asche von Tournay, die zur Bereitung jenes Mörtels benutzt wird, und zwar in folgender Weise:

Man schüttet eine angemessene Menge dieser Asche in ein hinreichend großes Gefäß, befeuchtet sie mit soviel Wasser, daß der Kalk vollkommen gelöscht wird, rührt und schlägt demnächst die Masse gut durcheinander, so ist der Mörtel fertig. Er kann ebenso wie gewöhnlicher Kalk längere Zeit in Gruben aufbewahrt werden, wenn er genügend mit Erde bedeckt wird. Will man von ihm Gebrauch machen, so füllt man ein starkes Gefäß, welches etwa 2 Cub. Fuß enthält, bis $\frac{2}{3}$ damit an und stößt die Masse bei fortwährendem Umrühren eine halbe Stunde lang mit einem eisernen Stößel, der zur Erleichterung dieser anstrengenden Arbeit an eine hölzerne Feder gehängt ist; hierbei muß man soviel Wasser zugießen, daß die Masse allmälig die Consistenz von weichem Mörtel erhält. Hierauf legt man ihn an einen schattigen, gegen Regen geschützten Ort und läßt ihn daselbst 3 bis 6 Tage lang trocknen. Ist er hinreichend ausgetrocknet,

so wird er, ebenso wie vorhin, eine halbe Stunde lang gestampft; wenn es noch länger geschieht, etwa 3 bis 4 Stunden lang, um so vorzüglicher wird der Mörtel. Würde man jedoch das Schlagen noch länger fortsetzen, so würde er zu steif werden, zu viel Wasser durch Verdunsten verlieren, welches während des Bearbeitens nicht ersetzt werden darf. Dieser Mörtel bindet in wenigen Minuten so fest, daß er sogleich unter stehendes Wasser gebracht werden kann, und läßt man ihn 24 Stunden lang vorher trocknen, so widersteht er auch strömendem Wasser.

§. 114. Einen ähnlichen Mörtel wie den vorigen erhält man aus 3 Theilen lebendigen Kalk und 2 Theilen guter, reiner Kalkasche (Cendrée), die von Kohlenstücken gereinigt und gesiebt ist. Man löscht den Kalk entweder auf gewöhnliche Weise, oder man macht ihn durch Eintauchen zu Pulver. In ersterem Falle geschieht die Mischung ohne Wasserzuthat in einem Bassin, wo man sie in mehreren Sätzen und mehrere Tage lang mit einer Handramme stößt, die beschlagen 30 bis 40 Pfd. schwer ist, bis sie zu einem guten, fetten und ganz feinen Teig geworden ist. Soll dieser Mörtel nicht sofort verbraucht werden, so muß man ihn, damit er seine Güte nicht einbüßt, gegen die Einwirkung der Luft und der Sonne schützen, entweder durch Strohdecken oder durch Ueberdachen. Für Anlagen, welche abwechselnd trocken und feucht liegen, ist der Mörtel aus Kalkasche vorzüglich, nur muß man ihm Zeit lassen, gut auszutrocknen, ehe er mit dem Wasser in Berührung gebracht wird.

§. 115. Andere Aschmörtel bestehen aus 3 Theilen Kalkbrei, der durch Eintauchen gelöscht wurde, und 3 Theilen Steinkohlenasche, die von Kohlen gut gereinigt wurde; die Behandlung ist dieselbe wie bei dem vorigen. Dieser Mörtel ist zur Anwendung unter Wasser nicht besonders geeignet, bei den Arbeiten im Trocknen dagegen und zu solchen, bei welchen das Wasser vor dem Erhärten keinen Zutritt haben kann, liefert er ausgezeichnete Resultate; namentlich bedient man sich dieses Mörtels in London zum Abputzen der Giebel und solcher Mauern, die dem Wetter sehr ausgesetzt sind. Ferner 2 Theile Kalk werden, während er gelöscht wird, mit 3 Theilen frischer Holzasche vermengt; nachdem sich das Gemenge abgekühlt hat, wird es gut durchgerührt und bei häufigem Umkehren tüchtig durchgeschlagen, wonach der Mörtel bald verarbeitet werden muß.

§. 116. Durch den Zuschlag von Pulver aus gebrannten Ziegeln erhält bekanntlich der Mörtel auch hydraulische Eigenschaften. Verschiedene derartige Vorschriften sind:

a) [nach Fleuret] 2 Theile Pulver von leicht gebrannten Ziegeln, 4 Theile feiner Sand und 3 Theile frisch in Wasser getauchter Kalk, der im Begriff ist zu zerfallen. Man bedeckt den Kalk mit einem innigen Gemenge von Sand und Ziegelpulver, läßt ihn so völlig zu Staub zerfallen, dann arbeitet man ihn durch und fügt nur allmälig soviel Wasser hinzu, um ihm ziemlich denjenigen Grad von Feuchtigkeit zu ertheilen, den die Erde in einer Tiefe von 1 Meter hat. Die Masse wird in diesem Zustande in einen kleinen Behälter geworfen, wo man sie mit einer Stampfe stößt, bis sie die zur Verwendung nöthige Geschmeidigkeit hat, was sich durch das Anhängen an die Stampfe erkennen läßt. Mit diesem Mörtel werden Estriche angelegt, Wasserreservoirs und Rinnen zu Wasserleitungen geformt.

b) [nach Loriot] 3 Theile feiner Kieselsand, 3 Theile Ziegelpulver, 2 Theile gelöschter Kalkbrei und 2 Theile gemahlener lebendiger Kalk. Die drei ersten Stoffe werden unter Zusatz der nöthigen Wassermenge gemischt, dann wird der lebendige Kalk dazu geschüttet. Das Ganze wird hierauf tüchtig durchgearbeitet.

c) 8 Theile durch Eintauchen in Wasser gelöschter Kalk (als Pulver gemessen), 3 Theile Ziegelmehl und 3 Theile fein gepulverter Hammerschlag.

Die Zusammensetzung und Behandlung ist ganz dieselbe wie bei dem in §. 114 angegebenen Mörtel von Kalkasche.

§. 117. Von den Eisenschlacken ist es längst bekannt, daß sie ein vortreffliches Material zu Wassermörtel sind; sie werden zu dem Ende gepulvert, gesiebt und ebenso wie Puzzolane und Traß dem Kalke beigemengt. Smeaton nahm statt Schlacke verrostetes Eisen und erhielt einen Mörtel, der unter Wasser erhärtete, jedoch mußte mehr Eisen zugesetzt werden, als Traß erforderlich gewesen wäre. 2 Theile hydraulischer Kalk, 2 Theile Eisenoxyd oder verrostetes Eisen, 1 Theil Sand geben 3,22 Theile Mörtel, der dem Traßmörtel völlig gleichkommt. Bedient man sich des fetten Kalks, so müssen 2 Theile Sand genommen werden.

§. 118. Ebenso werden gebrannter pulverisirter Basalt, blauer Thonschiefer, eisenschüssiger Sandstein und Ockererde als Zuschläge zu hydraulischen Mörteln verwendet. Derartige Zusammensetzungen sind:

a) 2 Theile durch Eintauchen in Wasser zerfallener Kalk und 3 Theile pulverisirter gebrannter Basalt.

b) 2 Theile obigen Kalks und 3 Theile gebrannter, pulverisirter blauer Schiefer.

c) 3 Theile obigen Kalks und 4 Theile gepulverter eisenschüssiger Sandstein, in erster Stufe des Brandes.
d) 2 Theile obigen Kalks (als Pulver gemessen) und 3 Theile gebrannte und gepulverte Ockererde.
e) 8 Theile hydraulischer Kalk durch Eintauchen gelöscht und als Pulver gemessen, 3 Theile pulverisirter gebrannter Schiefer, Basalt, eisenschüssiger Sand oder Ockererde und 3 Theile Sand. —

XXI.

Fabrikation des künstlich hydraulischen Kalks oder des Portland-Cementes.

§. 119. Der Portland-Cement*) ist im Gegensatz zum Roman-Cement als das Produkt einer künstlichen Mischung aus kohlensaurem Kalk und Thon zu bezeichnen. Selten nur stellt sich ein von der Natur geschaffenes Gemenge dar, welches ohne weitere Vorbereitung d. h. ohne Zusammensetzung verschiedener Materialien direct zur Darstellung des Portland-Cementes geeignet erscheint. Ein solches Material findet sich beispielsweise in dem Kalkmergel, welcher zu den Kufsteiner und Staudacher Cement verwendet wird (vergl. §. 107.) In manchen Fällen finden sich brauchbare Kalkmergel in der Nähe von Thonmergel, durch deren geeignete Mischung und Verarbeitung ein zur Darstellung von Portland-Cement brauchbares Material sich schaffen läßt, wie z. B. bei Höxter. Die größte Menge des in den Handel kommenden Portland-Cementes jedoch wird aus einer Zusammensetzung von kohlensaurem Kalk, in der Gestalt von Kalkstein, Kreide oder Wiesenkalk mit einem geeigneten Thone dargestellt. Die Bonner Cementfabrik verwendet z. B., so weit bekannt, Süßwasserkalk aus der Gegend von Mainz und Thon vom Westerwald; die Stettiner Cementfabrik Kreide von Rügen oder Wollin und Tertiärthon aus unmittelbarer Nähe Stettins.

*) Jos. Aspdin von Leeds erhielt im Jahre 1824 in England ein Patent auf diesen Cement; derselbe ist von grünlich grauer Farbe; im verarbeiteten und erhärteten Zustande aber von hell-graublauer Steinfarbe. Von der auffallenden Uebereinstimmung dieser Farbe mit der des s. g. Portland-Steins, der in England als beliebter Baustein vielfach benutzt wird, hat der Erfinder den Namen Portland-Cement abgeleitet.

Den zu der Fabrikation des englischen Portland-Cementes verwendeten Thon gewinnt man aus den Buchten der Themse und des Medway, zwischen Sheerneß und Maidstone als Schlick und mischt ihn mit dem Material, welches die Kreidefelsen der Küste liefern. Man unterscheidet von letzterem weiße und graue Kreide; die erstere ist reicher an kohlensaurem Kalk und erfordert deshalb einen größern Schlickzusatz als letztere. Dieser Schlick ist ein Niederschlagsprodukt, welches sich bei dem Zusammentreten von Süßwasser und Salzwasser bildet, seine Zusammensetzung ist daher keine ganz constante, vielmehr nach den einzelnen Ablagerungsstellen in mehr oder weniger ruhigem Wasser verschieden. Auf die Auswahl eines geeigneten, thunlichst sandfreien Materials muß große Sorgfalt verwendet werden.

Ein ganz ähnliches Niederschlagsprodukt findet sich an unsern Nordseeküsten, dasselbe wird durch die Flüsse herbeigeführt und haben Versuche mit den Embener Schlicke die vorzügliche Brauchbarkeit zur Portland-Cementfabrikation ergeben*).

§. 120. Als Bedingungen, unter welchen die Anlage einer Portland-Cement-Fabrik günstige Resultate verspricht sind zunächst anzuführen, daß Kalk, Mergel, Thon und dergl. in hinreichender Menge und erforderlicher Güte vorkommen, oder billig zu beschaffen sind. Auch müssen diese Rohmaterialien möglichst zu Tage liegen, damit die Förderungskosten, sowie die Ausgaben für Beseitigung eines hohen Abraumes nicht bedeutend werden.

Ferner ist bei dem großen Verbrauch an Brennmaterial, dessen billige Erwerbung hauptsächlich zu berücksichtigen. Für die Zufuhr desselben, sowie für die Abfuhr der Fabrikate ist es nothwendig, daß die Fabrik entweder die billige Wasserstraße oder eine Eisenbahn zu Gebote stehen. Außerdem ist es wichtig, wenn die Anlage einer solchen Fabrik an einem bedeutenden Consumtionsorte gemacht werden kann.

§. 121. Was speciell die Eigenschaften der zur Portland-Cementfabrikation zu verwendenden Rohmaterialien anbelangt, so ist von dem kohlensauern Kalke als dem Hauptbestandtheil für die Darstellung des Portland-Cements anzuführen, daß derselbe in verschiedenen Gestalten als fester Kalkstein, Kreide, als ein weiches, leicht zerreibliches Material, oder als mergelartige Substanz zur Portland-Cementbereitung tauglich ist, doch hängt der Grad der Brauchbarkeit von der mehr oder minder großen Beimischung fremder Bestandtheile und deren chemischer Beschaffenheit, in gewissem Sinne

*) H. Klose, der Portland-Cement und seine Fabrikation. Wiesbaden 1873.

auch von der Härte des Materials insofern ab, als mit zunehmender Härte und Dichte desselben die Verarbeitung und Umwandlung in ein äußerst feines Pulver oder einen feinen Schlamm schwieriger und kostspieliger wird.

Im Allgemeinen darf man annehmen, daß dasjenige Kalkmaterial zur Fabrikation am brauchbarsten sich zeigt, welches den größten Gehalt an kohlensaurem Kalk hat, also am reinsten sich darstellt. Ob ein Gehalt an Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Magnesia schädliche Einwirkungen hat, hängt theils von der Menge der einzelnen Substanzen, theils von Aufschließbarkeit der Kieselsäure ab. Sind größere Mengen unlöslicher oder freier Kieselsäure im Kalkstein enthalten, so ist er zur Cementfabrikation unbrauchbar; während wenn die thonigen Beimischungen in größerer Menge auftreten sie dem Kalke bekanntlich hydraulische Eigenschaften geben, aber zugleich ein ungleiches Ablöschen des gebrannten Kalkes verursachen und die bekannte magere, körnige Beschaffenheit desselben der Fabrikation eines guten Portland-Cements Schwierigkeiten entgegensetzen. Diese Schwierigkeiten werden um so größer; je ausgeprägt krystallischer das Gefüge des Kalksteins ist. In der Regel wird man sich veranlaßt sehen, bei Verwendung magerer Kalksorten den Kalkstein ungebrannt zu verwenden und ihn in ein möglichst feines Mehl zu verwandeln; diese Art der Behandlung des dichten Kalksteins ist überhaupt in den Cementfabriken die vorherrschende; wegen der höhern Bereitungskosten kommt die an sich empfehlenswerthe Methode, das reine, einen fetten Kalk liefernde Material zunächst zu brennen und dann mit Wasser abgelöscht als Kalkschlamm zur Mischung zu verwenden, selten zur Anwendung.

Die Kreide hat als Material zur Portland-Cementfabrikation wesentliche Vorzüge. Außer dem relativ größten Gehalt an kohlensaurem Kalk, welchen sie in der Regel besitzt, ist sie leicht zerreiblich und läßt sich daher leicht verarbeiten. Häufig sind indeß der Kreide Feuersteine in größern Mengen beigemischt, welche beim Verbleiben in der Masse die Qualität des Cementes sehr beeinträchtigen würden. Ihre Aussonderung läßt sich nicht gut anders als durch Schlämmen bewirken. Diesem Processe werden auch gewöhnlich die Wiesenkalke unterzogen, um Verunreinigungen an Steinen, Sand 2c. auszuscheiden und eine gleichmäßige Masse zu erzielen.

Der T h o n bildet den zweiten Hauptbestandtheil der rohen Cementmasse, derselbe ist ein Material ohne Individualität und vielmehr ein Gemenge von Thonerde, Kieselsäure, Eisenoxyd, Alkalien und

gelegentlichen Beimengungen von Kalk, Magnesia ꝛc. Eine Beimengung von kohlensaurem Kalk ist an sich nicht schädlich, doch ist das gegenseitige Verhältniß genau festzustellen; dagegen hat ein Gehalt des Thons an schwefelsaurem Kalke für die Verwendung des daraus dargestellten Portland-Cements stets große Bedenken.

Kommen im Thone Verunreinigungen durch Sand, Schwefelkies, Kalknieren ꝛc. vor, so müssen dieselben durch Schlämmen vorher ausgeschieden werden; für die Fabrikation ist die Verwendung eines reinen, gleichartigen Materials, dessen Korn so fein als möglich sein soll, vortheilhafter und zweckmäßiger.

Die Kieselsäure ist einer der wesentlichsten und wirksamsten Bestandtheile des Thones für die Portland-Cementfabrikation; sie muß namentlich in leicht aufschließbarem Zustande vorhanden sein. An und für sich ist die Kieselsäure fast unschmelzbar; durch den Hinzutritt von Alkalien und Eisenoxyd wird jedoch der Schmelzpunkt bedeutend herabgedrückt und die Kieselsäure aufgeschlossen d. h. in Wasser löslich und fähig gemacht, unlösbare Verbindungen mit Kalkerde einzugehen, dagegen verträgt der Proceß der Portland-Cementfabrikation die Gegenwart freier Kieselsäure nur in geringem Maaße. Wo also der Thon durch Sand verunreinigt ist, wird ein Abschlämmen desselben erforderlich.

Die Thonerde ist bei dieser Fabrikation gleichwerthig der Kieselsäure; sie ist ebenso schwer schmelzbar wie diese und wird wie sie durch Hinzutritt von Kalk, Eisenoxyd ꝛc. im Feuer aufgeschlossen. Die Gegenwart eines höhern Thonerdegehaltes scheint auf die Darstellung eines vorzüglichen Portland-Cementes von wesentlichem Einfluß zu sein. Diese Erfahrung wird durch die Vergleichung der Analysen bewährter Portland-Cemente und des Sandzusatzes, welchen sie vertragen, bestätigt. Cemente mit höherem Thonerdegehalt sind immer die fetteren und gestatten die größere Sandbeimischung, während hochkieselsäurehaltige Cemente sich stets als mager erweisen. Der Thon wird jedoch durch besonders hohen Thonerdegehalt sehr strengflüssig und veranlaßt leicht ein Todtbrennen des Cementmaterials. Das erlaubte Maximum der Thonerde in reinem Thon kann etwa 25% betragen.

Dem Eisenoxyde ist auch eine wesentliche Rolle in dem Proceß der Portland-Cementfabrikation zuzuschreiben; die Menge der im Thone enthaltenen Eisenoxyde darf jedoch eine beschränkte sein; es genügen einige Procente zur Bethätigung ihrer Wirksamkeit als Flußmittel. Die Anwesenheit eines größeren Eisenoxydgehaltes ist dagegen

nicht vortheilhaft, indem er die hydraulischen Eigenschaften des Cementes beeinträchtigt; unter verschiedenen Cementen sonst gleicher Güte verdient daher derjenige den Vorzug, welcher den geringeren Eisengehalt aufweist.

Der Gehalt an Magnesia wenn sie in Thonen überhaupt vorkommt, pflegt nur gering zu sein, dennoch ist ihr Einfluß auf die Schmelzbarkeit eines Thones von nicht unwesentlicher Bedeutung. Neuere Erfahrungen haben ergeben, daß seine Schmelzbarkeit durch Magnesia mehr befördert wird, als durch Kalk, Eisenoxyd und Kali, weshalb denn auch ein Ueberschuß von Magnesia das Verschlacken des Brandes herbeiführt. Auf nassem Wege geht die gebrannte Magnesia chemische Verbindungen mit der Kieselsäure ein, befördert also an sich die Hydraulicität des Cementmörtels, dagegen verringert ein erheblicher Gehalt seine Festigkeit und ist deshalb schädlich. —

Die Verwandtschaft des Kalis und des Natrons zur Kieselsäure ist eine außerordentlich große; die Gegenwart der Alkalien im Thon dient zur Erniedrigung des Schmelzpunktes der Kieselsäure und zur Bildung von im Wasser löslichen Silicatverbindungen; mit der aufgeschlossenen Kieselsäure des Cementes verbindet sich der Kalk und bildet mit ihr im Wasser unlöslichen, kieselsauren Kalk. Der Alkaligehalt eines Thones kann um so geringer sein, je leichter dieser aufzuschließen und je reicher er an sonstigen Flußmitteln ist; sehr leicht aufschließbare Thone, wie die Schlickarten, bedürfen eines Alkaligehaltes kaum, während schwer aufschließbare Thone einen größern Procentsatz erheischen, der erforderlichen Falls durch Beimengung von alkalischen Aschen sich gewinnen läßt. Je weniger Alkali erforderlich oder im leicht aufschließbaren Thone vorhanden ist, je weniger also in den Cement übergeht desto schätzenswerther ist der letztere, weil dann das häufig so lästige und für manche Zwecke der Anwendung schädliche Ausblühen der kohlensauren Alkalien auf ein geringeres Maaß zurückgeführt wird.*)

§. 122 Das Mischungsverhältniß und die Brauchbarkeit der Rohstoffe. Das Verhältniß, in welchem Kalk und Thon mit einander zu vermengen sind, ist verschieden und richtet sich nach der Beschaffenheit der einzelnen Rohproducte. Resultate, welche für eine größere Fabrikation Anhalt gewähren, können daher nur durch wirkliche Proben erlangt werden. Diese Proben sind so oft vorzunehmen, als neue Fundgruben des Kalkes und Thones eröffnet werden und

*) H. Klose, Der Portland-Cement. S. 15.

in diesen Versuchen nicht zu ermüden, ist die Hauptaufgabe desjenigen, der eine Cementfabrik mit Nutzen anlegen und betreiben will.

Unter Berücksichtigung des im Vorstehenden über die einzelnen Gemengtheile des Thones und deren Wirksamkeit für den Proceß der Portland-Cementfabrikation Gesagten läßt sich die Forderung stellen, daß ein vorzüglich geeigneter Thon enthalten soll:

Kieselsäure	zwischen	60	und	70%
Thonerde	„	15	„	25%
Magnesia	„	2	„	4%
Eisenoxyde	„	5	„	12%
Alkalien	„	1	„	4%

Unter diesen Zahlen ist die Zusammensetzung der zur Fabrikation nothwendigen Bestandtheile des Thones nach Ausscheidung aller Beimischungen zu verstehen; zur Prüfung der Brauchbarkeit eines Materials hat man daher zuvor die Beimischungen an Kalk, Kohlensäure und Wasser ꝛc. außer Acht zu lassen und die aus der chemischen Analyse sich ergebenden Procentsätze der oben genannten fünf Bestandtheile aufs Neue in Procenten ihrer Gesammtmenge auszudrücken. Die obigen Zahlen selbst können als Anhaltepunkte dienen, welche innerhalb der angegebenen Grenzen allerdings vielfach varriiren; auch bei Ueber- oder Unterschreitung einzelner Grenzen ist das Material häufig brauchbar. Ueber den Grad der Verwendbarkeit eines Thones geben die chemischen Eigenschaften, die größere oder geringere Aufschließbarkeit, die relative Wichtigkeit der von den einzelnen Bestandtheilen zu erfüllenden Functionen, endlich vorzunehmende practische Proben Aufschluß. Das Mengeverhältniß der zur Portland-Cementbereitung zu verwendenden Materialien ist ein sehr begrenztes; man darf sagen, daß zur Erzeugung der höchstmöglichen Hydraulicität des Cementes zwei gegebene Sorten von Kalk und Thon nur in einem einzigen, bestimmten Verhältnisse zusammengesetzt werden dürfen. Das Mischungsverhältniß kann im Uebrigen wesentlichen Schwankungen unterliegen, je nach dem das eine Rohmaterial Einschlüsse des anderen in größerer oder geringerer Menge schon enthält.

Die gemeinen sehr fetten Kalke vertragen 0,2 Thon auf einen Theil Kalk; die mittleren haben genug an 0,15 und für Kalke, die schon an sich etwas hydraulisch sind, genügt 0,10 und selbst 0,06. Treibt man die Verringerung des Zusatzes noch weiter auf 0,33 oder 0,40 Theile, so löst der Kalk sich nicht auf, pulverisirt sich aber leicht und giebt beim Anmachen einen Teig, der sehr schnell unter Wasser bindet. Es ist für den Portland-Cement von erheblicher Wichtigkeit,

daß der Kalk in jedem Theilchen dieselbe chemische Zusammensetzung hat, damit er allen Anforderungen entsprechen könne und ist deshalb der Kalk zu prüfen, ob er möglichst von gleichmäßiger Beschaffenheit und sich leicht in ein feines Pulver verwandeln läßt. —

Der Medway-Schlick verdankt seine Berühmtheit hauptsächlich dem Umstande, daß die Portland-Cementfabrikation zuerst auf ihn basirt wurde; seine Brauchbarkeit steht außer Frage; dennoch läßt sich mit Grund behaupten, daß wir in Deutschland Thone in hinreichender Menge besitzen die ein vorzüglicheres Material für jene Fabrikation abgeben, namentlich solche die einen größern Gehalt an Thonerde und einen geringeren als den sehr hohen Eisenoxydgehalt des Medway-Schlickes aufweisen und die frei von der Sandbeimischung sind, die dem letztern niemals fehlt. Es leidet keinen Zweifel, daß wir das Material haben, um Portland-Cement von dem englischen gleicher, wenn ihn nicht übertreffender Vorzüglichkeit darstellen; wie die Cementfabriken in Bonn, Stettin ꝛc. den praktischen Beweis liefern. —

§. 123. Verarbeitung der Rohmaterialien*). Für die Portland-Cementfabrikation ist eine der wesentlichsten Bedingungen die feinste Zertheilung und die gleichmäßigste Mischung der Rohmaterialien. Die vollständige Aufschließung des Thones erfolgt nur bei innigster Berührung mit den einzelnen Massentheilchen des Kalks; diese letzteren müssen daher in einen äußerst fein vertheilten Zustand versetzt werden.

Die für diesen Zweck angewendeten Mittel sind nach der Natur der Rohmaterialien verschieden. Man unterscheidet drei Verfahrungsarten je nach der verschiedenartigen Behandlungsweise:

a. der nasse Proceß,
b. der trockene Proceß und
c. der halbnasse Proceß.

Bei dem ersten Processe werden die Materialien geschlämmt, d. h. unter Wasser zuerst durch geeignete Vorrichtungen äußerst fein zertheilt und dann als Schlempe mittelst Rinnenleitungen in Schlämmbassins geleitet. Diese Schlämmbassins sind entweder im Erdboden ausgehoben oder übererdig aufgeführt. Im letzteren Falle werden ihre Wandungen aus Backsteinmauerwerk oder hölzernen Bohlen hergestellt; der Boden der Bassins besteht aus dicht an einandergelegten Backsteinen, deren Fugen mit dünnem Mörtel ausgegossen sind; dabei

*) Nach H. Klose, die Portland-Cementfabrikation. Wiesbaden 1873.

ist die Verwendung von Sand zur Füllung der Fugen sorgfältig zu vermeiden.

Die Behandlung der Rohmaterialien beim Schlämmen ist eine nach ihrer Beschaffenheit sehr verschiedene, je nachdem man lediglich beabsichtigt, den Kalk oder den Thon auf dem Wege nach den Bassins von Unreinigkeiten zu säubern oder auch gleichzeitig eine innige Mischung beider vorzunehmen. Unter dem eigentlichen nassen Proceß versteht man jedoch diejenige Art des Verfahrens, bei welcher beide Rohmaterialien auf nassem Wege gleichzeitig zerkleinert, gemischt und sodann in Bassins abgelagert werden. Die Rinnenleitungen dienen dann dazu, Verunreinigungen zurück zu halten und müssen für diesen Zweck sachgemäß mit sehr geringem Gefälle und hinreichend lang angelegt sein. Von dem Bodensatz wird das überschüssige Wasser abgezogen; unter besonders günstigen Verhältnissen zieht es durch den Erdboden fort. Der zurückbleibende Schlamm trocknet an der Luft bis zu einer kalkbreiartigen Consistenz ab.

Obwohl bei diesem Proceß eine sehr innige Mischung der Materialien und bis zu einem gewissen Grade eine Befreiung derselben von fremden Beimengungen erzielt wird, so hat er dennoch seine große Bedenken, wenn er nicht in der allersorgfältigsten Weise ausgeführt, und wenn nicht das Geschlämmte einer weitern zweckmäßigen Durcharbeitung unterzogen wird. Es liegt auf der Hand, daß im Schlammbassin zunächst die specifisch schwereren Massentheilchen sich zu Boden setzen und daß Schichtungen entstehen, welche die innige Mischung wieder aufheben; um dies zu verhindern, muß der Schlamm außer dem häufigen Verlegen der Ausgußöffnungen der Rinnen, in den Gruben möglichst vollständig mittelst Rechen und Eggen durchgearbeitet und nach dem Abtrocknen behufs weiterer Verarbeitung im Thonschneider einer nochmaligen Durchmischung unterzogen werden. Ein fernerer Uebelstand des Schlämmprocesses ist die Unsicherheit über die richtige quantitative Zusammensetzung der Schlempe, welche durch die Ausscheidung der Abgänge in den Rührapparaten und das Zurückbleiben gröberer Theilchen in den Rinnenleitungen und an den Eingußstellen alterirt wird.

Man ist daher da, wo irgend welche, aus der Natur der Rohmaterialien hervorgehende Schwierigkeiten, nicht durchaus gleichmäßige Zusammensetzung des Thons 2c. vorliegen, genöthigt, regelmäßig und täglich das Produkt einer Tagesarbeit chemischer Untersuchung zu unterziehen und nach dem Befunde derselben, am folgenden Tage eine gewisse Quantität Kalk oder Thon hinzuzuschlämmen; ein solches Ver-

fahren kann die Gleichmäßigkeit der Fabrikation nicht fördern und ist nur als Aushülfsmittel zu betrachten.

§. 124. In den englischen Portland-Cementfabriken ist das Schlämmverfahren durchgängig in Anwendung, da aus der Kreide Feuersteine, aus dem Schlick Sand zu entfernen sind; doch wird auf die Aussonderung der schädlichen Beimischungen keine besondere Sorgfalt verwendet. Das ganze Verfahren der Portland-Cementfabrikation in England beruht auf praktischer Uebung und hat seit Beginn dieser Fabrikation kaum Fortschritte gemacht. Die in England vorzugsweise angewandte Vorrichtung besteht aus einem gemauerten Bassin, in welchem eine stehende mittlere Welle umgeht, die zwei mit eisernen Zacken versehene Arme trägt. Durch das Kreisen dieser Arme wird das Wasser in Bewegung erhalten und die Kreide förmlich zerwaschen, gleichzeitig auch der Schlick aufgelöst und dessen Mischung mit der Kreide bewirkt. Durch einen fortlaufend zugeführten Wasserstrom werden die bis zu gehöriger Feinheit zerkleinerten Theilchen aufgenommen, an dem oberen Rande des Beckens ausgeführt und nach den Schlämmbassins geleitet. Feuersteine bleiben auf dem Boden des Bassins liegen, der Sand wird hauptsächlich in den Rinnenleitungen abgelagert. —

Für sehr weiche Mergel- und Süßwasserkalke wendet man verschiedene Rührapparate an, namentlich aber eine, in einem etwa $2^m,50$ langen Troge gehende Wasserwelle durch deren Umdrehung das Material unter Wasser zerschlagen wird; ein continuirlich zuströmender Wasserzufluß führt in ebenso continuirlicher Weise die Schlempe ab, während Sand und gröbere Theile auf den Boden des Troges fallen. Härtere Materialien, dichter Mergel und Kalkstein werden auf sog. Naßkollergängen verarbeitet. Ein göpelartiges Gestell führt schwere eiserne Walzen, auch wohl feste Mühlsteine in einem Bassin unter Wasser herum; die eingebrachten, vorher thunlichst zerkleinerten dichten Kalke werden von den Walzen zermalmt, nach und nach in feinen Schlamm verwandelt und als solcher in dem abfließenden Strome abgeführt. In einigen Fabriken wird die ablaufende Schlempe noch über einen Naßmahlgang geführt, um alle etwa noch vorhandenen gröberen Theile zu zerreiben. Diese Naßmahlgänge unterscheiden sich von den gewöhnlichen Mahlgängen im wesentlichen nur durch die Drehbarkeit des Bodensteines. Die Steine müssen auf das feinste gestellt werden bezw. an den Kanten anschließen.

Die in den Schlämmbassins niedergeschlagene Masse wird entweder in einer Consistenz wie steifer Kalkbrei direct auf die Darren

gebracht — sofern eine Nachmischung unterbleibt — oder der Schlamm wird nach stärkerer Abtrocknung mittelst des Thonschneiders durchgearbeitet und darnach entweder durch die mit dem Thonschneider verbundene Ziegelpresse zu Steinen geformt, oder durch Handarbeit zu Steinen gestrichen; die Steine werden sodann theils an der Luft, theils nach Umständen, Witterungsverhältnissen 2c. auch auf Darren künstlich getrocknet.

Stehen reine Materialien von lockerer Consistenz z. B. Schlick, Kreide, Mergel 2c. zur Verfügung, so verarbeitet man auch wohl die Mischung auf dem Naßkollergange unter Beschränkung des Wasserzuflusses und führt die dickflüssige Masse dann direct auf eine Darre zu künstlicher Trocknung. Dieses Verfahren, wo es anwendbar ist, eignet sich besonders für die Winterfabrikation.

Da in England in der Regel die Cementfabriken den zum Brennen des Cementes erforderlichen Coke selbst darstellen und die abziehende Hitze der Cokeöfen zum Trocknen des Cementschlammes bezw. der geformten Steine benutzen, so liegen zu dem Ende eine Reihe niedriger Cokeöfen in gerader Linie nebeneinander, und an diese schließt sich die, aus eisernen Platten oder feuerfesten Thonplatten gebildete Darrtenne an, unter der die nach dem Schornstein führenden, in sachentsprechender Weise angeordneten Züge die Feuerluft abführen. Zuweilen benutzt man die Gichtflamme der Brennöfen zum Heizen der Darren. Die Darre muß durch ein Schutzdach gegen die Witterungseinflüsse gesichert sein. Das getrocknete Material kann hiernach in den Brennofen eingesetzt werden.

Als Grundsatz darf man festhalten, daß der Schlämmproceß nur bei sorgfältiger Ueberwachung und Leitung und unter Anwendung geeigneter Nachmischung gestattet sein sollte. Viele Fabriken halten dennoch die Nachmischung für entbehrlich, indem sie sich in Beurtheilung ihres Schlämmproductes lediglich auf ein gewisses praktisches Gefühl verlassen, und die Nachmischung für entbehrlich halten. Die unleugbaren Vortheile des Schlämmproceßes lassen sich benutzen, ohne dessen Nachtheile zu übernehmen. Zeigt sich der zu verwendende Thon als ein reines Material so empfiehlt sich die Anwendung des später zu beschreibenden halbnassen Verfahrens, bei welchem nur der Kalk geschlämmt wird. Steht jedoch nur sandiger Thon zur Verfügung, so wird es von größtem Vortheil sein, beide Materialien für sich zu schlämmen, für sich in Bassins absitzen zu lassen und nach dem Abziehen, sowie nach erfolgter hinreichender Verdunstung des Wassers

die erforderliche innige Mengung durch geeignete, später zu beschreibende Maschinen vorzunehmen.

§. 125. Bei dem trocknen Proceß werden beide Materialien, Kalk und Thon, in trocknem Zustande in ein feines Pulver verwandelt. Den Kalkstein röstet man in kleinen Flammöfen, bricht die großen Stücke auf Steinbrechmaschinen in Stücke von Wallnußgröße und verwandelt sie auf Horizontalmühlen in ein feines Mehl. Der Thon wird in lufttrocknem Zustande zunächst auf kleinen Kollergängen (Verticalmühlen) durchgearbeitet, dann in rotirenden Trommeln, die durch Flammöfen gehen, oder auf besonders dazu hergerichteten Darren künstlich getrocknet und hiernach ebenfalls gepulvert.

Zuweilen giebt man abgemessene Quantitäten Kalk und Thonstücke zugleich auf den Mahlgang und verarbeitet beide Materialien zusammen zu Mehl. Obwohl hierbei sogleich eine Vermischung erzielt wird, so ist doch der anderen Methode der Vorzug zu geben, nach welcher man jeden Theil für sich pulvert und dann abgewogene Quantitäten beider zusammensetzt, indem dieses Verfahren in weit höherem Maaße die richtige, procentige Zusammensetzung der Cementmasse sichert. — Das gemischte Pulver wird eingesumpft, hierbei noch möglichst vorgemischt und sodann auf Thonschneidern, die im zweiten Bande genauer beschrieben und abgebildet werden, durch einen oder mehrmaligen Durchgang innig gemengt, wonach es zu Steinen geformt wird; in der Regel geschieht dies gleich durch eine mit dem Thonschneider verbundene Ziegelpresse. Das Trocknen der Cementsteine erfolgt sehr leicht, weil sie eben nur zum kleinern Theile aus Thon bestehen; die künstliche Trocknung kann daher meistens in Gegenden mit mäßigem Regenfall entbehrt werden, und sind dann nur einige Trockenschuppen anzulegen; ebenso werden Darrvorrichtungen zum künstlichen Trocknen der Steine bei Anwendung des Kanalofens zum Cementbrennen entbehrlich, da die an der Luft vorgetrockneten Steine nach dem Einsetzen in die Ofenkammern durch die abziehenden Feuergase gänzlich ausgetrocknet werden, ehe der eigentliche Brennproceß zu ihnen gelangt. Der trockene Proceß ist behufs Erzielung einer quantitativ gleichbleibenden Zusammensetzung der Mischung der gebräuchlichen Art und Weise der des nassen Mischprocesses vorzuziehen; hingegen liefert der letztere ein Mischproduct von weit größerer Feinheit, dessen einzelne Theilchen also bei nachherigem Brennen energischer auf einander einwirken können; auch läßt sich bei sorgfältiger Ueberwachung und Leitung des nassen Processes eine gleichartige, innige Mischung der einzelnen Materialien wohl erzielen. —

§. 126. In dem halbnassen Proceß lassen sich die Vortheile der äußerst feinen Zertheilung und der Reinigung des Rohmaterials durch die Schlämmarbeit mit den Vortheilen der constanten procentigen Zusammensetzung, wie sie der trockene Proceß bei sorgfältigem Verfahren bietet, vereinigen. Zu diesem Zweck wird das Kalkmineral in oben angegebener Weise in einen feinen Schlamm verwandelt, den man in Bassins bis zur geeigneten Consistenz abtrocknen läßt und dann durch mechanische Vorrichtungen mit dem Thone mischt. Je nach der Art des verwendeten Thones wird es in vielen Fällen zweckmäßig sein, den Thon als trocknes Pulver hinzuzusetzen, um aus dem Mischapparat direct eine bildsame Masse zu erhalten. Bei der Verarbeitung von reinem Schlick empfiehlt es sich, Kalkschlamm und Schlick, jeden für sich, soweit abtrocknen zu lassen als zur Herstellung einer plastischen Mischung erfordert wird, wonach man unter täglicher Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes beider Materialien die Zusammensetzung derselben vorzunehmen hat. —

Der Thonschneider ist auch hier als geeignetster Mischapparat zu bezeichnen; da aber durch einmaligen Durchgang des Materials, eine genügend innige Mischung nicht hervorgebracht wird, so wendet man zwei hinter bezw. untereinander liegende Thonschneider mit entgegengesetztem Umgange und verschiedener Umdrehungsgeschwindigkeit an und es ist außerdem sehr zweckmäßig, noch ein Paar Thonwalzen zwischen die Thonschneider einzuschalten. Nachdem das Material so vorbereitet, werden wie oben angegeben die Steine geformt.

Außerdem kann das halbnasse Verfahren noch in ganz anderer Weise und zwar derart in Anwendung gebracht werden, daß der Kalk den trocknen und die thonige Masse den nassen Gemengtheil abgiebt. Dieses Verfahren ist namentlich bei Verarbeitung von Kreidemehl und Schlick anwendbar; man läßt den letztern soweit abtrocknen, daß er nach der Mischung mit der fein gemahlenen Kreide eine streichrechte Masse abgiebt.

Bei Anwendung irgend einer Art des halbnassen Processes darf die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Materialien und die hierdurch bedingte Feststellung ihrer procentigen Zusammensetzung nicht versäumt werden; dieselbe wird mindestens einmal täglich, unter Umständen mehremal vorgenommen, hat jedoch selbst für den fabrikmäßigen Betrieb keine Schwierigkeiten oder Unbequemlichkeiten und ist mit geringem Zeitaufwande zu beschaffen.

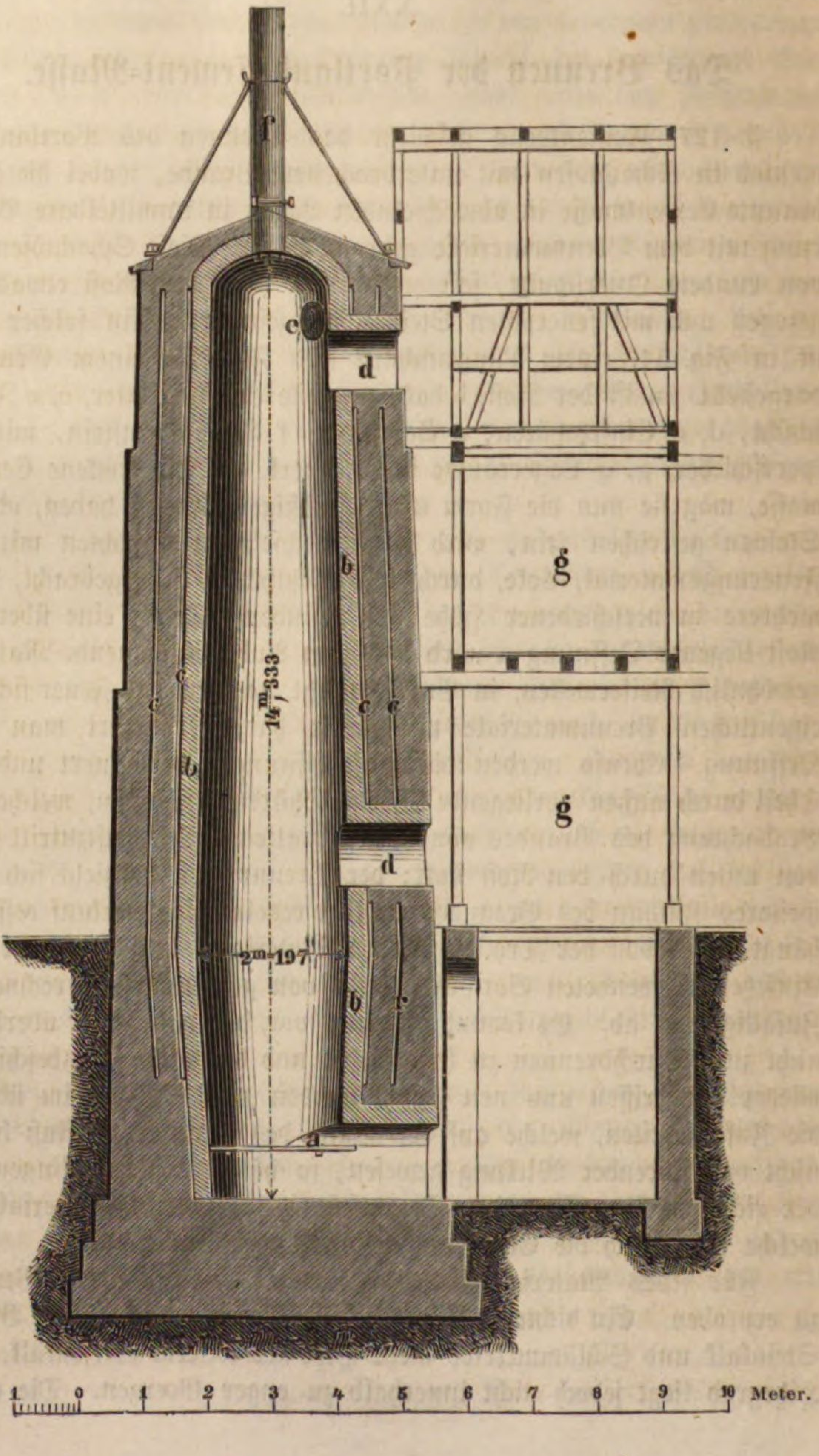
XXII.

Das Brennen der Portland-Cement-Masse.

§. 127. Meistentheils geschieht das Brennen des Portland-Cementes in Schachtöfen mit unterbrochenem Brande, wobei die ungebrannte Cementmasse in abwechselnden Lagen in unmittelbare Berührung mit dem Brennmateriale gebracht wird. Diese Schachtöfen sind von rundem Querschnitt, fast cylindrisch, über dem Rost etwas eingezogen und mit feuerfesten Steinen ausgefüttert. Ein solcher Ofen ist in Fig. 54. einem Längenschnitt und Fig. 55. einem Grundriß dargestellt. a ist der Rost, b das feuerfeste Backsteinfutter, c, c Isolirschicht, d, d Einsetzthüren, e Schauloch, f Blechschornstein, mit Absperrschieber, g, g Lagerräume in Fachwerk. — Die trockene Cementmasse, mag sie nun die Form unregelmäßiger Brocken haben, oder zu Steinen gestrichen sein, wird in abwechselnden Schichten mit dem Feuerungsmaterial, Coke, durch die Einsetzthüren d eingebracht, deren mehrere in verschiedener Höhe sich befinden. Durch eine über dem Rost liegende Oeffnung a wird das zum Anheizen dienende Material, gewöhnlich Reiserwellen, in Brand gesetzt, nachdem das Feuer sich dem eigentlichen Brennmateriale mitgetheilt hat, vermauert man diese Oeffnung. Ebenso werden die Einsetzöffnungen vermauert und zum Theil durch außen vorliegende eiserne Thüren geschlossen, welche eine Beobachtung des Brandes von oben gestatten. Der Luftzutritt findet von unten durch den Rost statt; der Brennproceß vollzieht sich ohne weiteres Zuthun des Brenners und der regelmäßige Verlauf desselben hängt theils von der Trockenheit des Materials, theils von der beim Einsetzen verwendeten Sorgfalt, theils von gar nicht zu berechnenden Zufälligkeiten ab. Es kommt mitunter vor, daß das Feuer überhaupt nicht zum Durchbrennen zu bringen ist und die ganze Ofenbeschickung wieder ausgerissen und neu gesetzt werden muß. Wenn im übrigen die Zufälligkeiten, welche auf den Gang des Brandes Einfluß haben, nicht von störender Wirkung gewesen, so hängt dessen Gelingen von der richtigen Bemessung der Quantität des Feuerungsmaterials ab, welche nur durch die Erfahrung festgestellt werden kann.

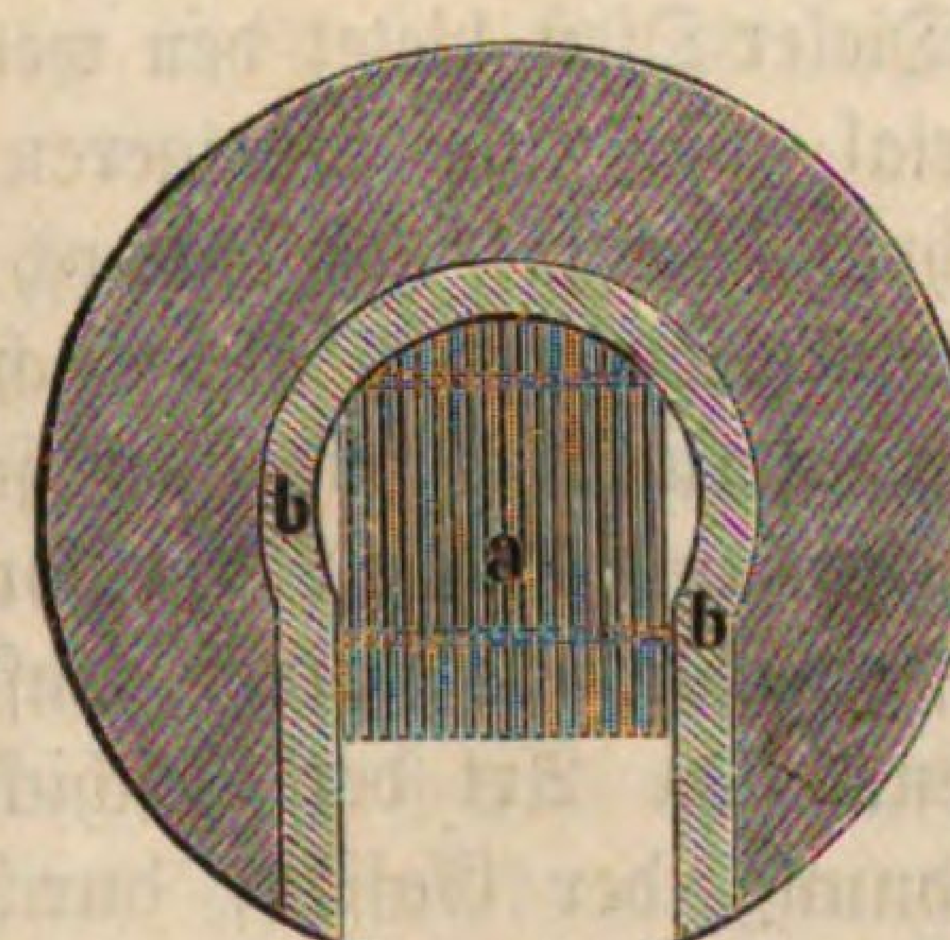
Für jedes Material ist der geeignete Hitzegrad durch Versuche zu erproben. Ein dichteres Brennmaterial erfordert schärferen Brand; Steinkalk und Schlämmkreide mehr Hitze als lockerer Wiesenkalk. Der Hitzegrad liegt jedoch nicht innerhalb zu enger Grenzen. Die erfor-

Fig. 54.



derliche Temperatur ist Weißgluth. Der Kalk wird schon bei dunkler Rothgluthhitze ätzend und wirkt energisch auf den Thon. Bei lebhafter nur eine Stunde anhaltender Rothgluth wird sämmtliche Kieselerde des Thones löslich; die Masse ist dann hellgelbgrau, erhitzt sich stark im Wasser, hat geringe Erhärtungsfähigkeit und zerfällt an der Luft. Mit Weißgluth wird die Masse grau mit Stich ins Grüne von einer Eisenoxyd-, Kalk- oder Silikatbildung. Bei größerer Hitze tritt eine blaugraue Färbung und eine Verschlechterung des Cementes ein, er wird immer dichter, basaltischer und schmilzt obsidianartig. Im ersten Stadium giebt die Cementmasse ein helles, gelbbraunes, lockeres Pulver; im zweiten, dem Normalzustande, ein graues scharfes Pulver mit einem Stich ins Grüne; im dritten Stadium ist es entschieden blaugrau, während das letzte, der verglaste Cement, ein helles, weißgraues, äußerst scharfes Pulver liefert.

Fig. 55.



Selbst bei dem günstigsten Verlaufe des Brandes giebt der Ofen häufig eine Partie verbrannten, nicht verwendbaren und regelmäßig eine Partie ungaren Materials aus, welche bei der folgenden Ofenbeschickung wieder aufgeworfen wird. Ist der Ofen ausgebrannt, so werden die Roststäbe gezogen, die erbrannte Cementschlacke stürzt dann in den Aschenfall hinab, wird ausgezogen, sortirt und behufs weiterer Verarbeitung fortgeschafft. Die gebräuchlichsten Abmessungen der oben beschriebenen Schachtöfen betragen 2—3 Meter lichten Durchmesser und ca. 15^{m} Gesammthöhe, wovon 6—8^{m} auf den eigentlichen Schacht kommen.

§. 128. Klose*) empfiehlt einen andern wenig bekannten Portland-Cementofen (ohne jedoch Zeichnungen zu geben), der bei weitem vollkommener als der gewöhnliche Schachtofen sein soll und zu dessen Beschickung die Cementmasse in Form von Steinen vorliegen muß. Dieser Ofen hat einen mäßigen Durchmesser und eine mäßige Höhe; er besteht aus einem etwa 2^{m}, 5 weiten, hohlen Cylinder mit konischer Kuppel die ein niedriger Schornstein krönt. Der Ofen hat eine feste, etwas über der Terrainhöhe liegende Sohle und drei seitliche, in der

*) Die Portland-Cementfabrikation. Wiesbaden 1873.

Wandstärke des Ofens befindliche Feuerungen; die Aschenfälle liegen unter dem Terrain und sind durch eingeschnittene, den Feuergruben für Locomotiven ähnliche Zugänge erreichbar. Eine zu ebener Erde befindliche, während des Brandes vermauerte Einsatzthür dient zum Einbringen der Steine, die ähnlich wie im Ziegelofen, mit verticalen und horizontalen Feuergassen kunstgerecht gesetzt werden. In der konischen Kuppel sind drei Einsatz- resp. Ausgangsöffnungen angebracht, die sowohl zur Vollendung der Beschickung des Ofens, als auch zur Beobachtung des Feuers dienen. Ein Theil des Brennmaterials wird zwischen die eingesetzten oberen Steinschichten gegeben, der Haupttheil aber auf den drei Feuerherden verbrannt. Die genannten oberen, während des Brandes vermauerten Oeffnungen gestatten immerhin eine Beobachtung des Feuers und des Fortgangs des Brennprocesses im Ofen überhaupt, dessen Regulirung mit Hülfe der Seitenfeuerungen, wenn nöthig, erreichbar und dessen Beendigung ohne Schwierigkeit erkennbar ist.

Dieser Ofen bietet den weitern Vortheil, daß in ihm das Brennmaterial nur zum geringeren Theile mit dem Cemente in direkte Berührung kommt, und dadurch sowohl das Einschmelzen von Schlacken in der Cementmasse, als auch die direkte Einwirkung der aus dem Brennmaterial sich bildenden schwefeligen und sauren Gase möglichst vermieden wird. Die Verwendung von Coke kann auf die Schichtung im Ofen beschränkt bleiben, auf den Herden aber Steinkohle gebrannt werden. Die Art der Beschickung des Ofens ermöglicht ferner eine Anordnung der Gassen, durch welche ein, bei den übrigen Oefen recht lästiger und zu ihrem raschen Ruin beitragender Uebelstand, nämlich das Anschmelzen der Cementschlacken an die Ofenwände, fast ganz beseitigt ist. Die Oefen selbst fallen weit kleiner aus, als die gewöhnlichen Schachtöfen, da sie die große Menge des in diesen zum Verbrauch kommenden Brennmaterials nicht zu fassen brauchen.

§. 129. In neuerer Zeit hat man an verschiedenen Orten z. B. Dyckerhoff und Söhne in Amöneburg bei Biebrich, Grundmann und Comp. in Oppeln und die Stettiner Portland-Cementfabrik, angefangen, den Hoffmann'schen Ringofen auch zum Brennen des Portland-Cementes zu verwenden, und damit jedoch nur theilweise günstige Erfolge erzielt. Theoretisch ist der Ringofen bisher als einer der vollkommensten, einen geringen Brennmaterialaufwand erfordernder Brennapparat zu bezeichnen, der aber eine subtile, aufmerksame und geschickte Behandlung erfordert. Der Vorzug dieser Oefen, daß man im Ringofen ganz nach Bedarf produciren, langsam und rasch brennen,

somit sich den Umständen anpassen und bei starkem Begehr eine Materialmenge erzeugen kann, wie kein anderer Ofen sie zu liefern im Stande ist, ferner, daß die Beschickung fortwährend und ohne Störung des Brennprocesses beobachtet, daß die Intensität der Gluth bemessen und hiernach die Befeuerung regulirt werden kann, schien besonders für das Brennen des Portland-Cementes von Wichtigkeit. Dennoch hat die praktische Erfahrung im Allgemeinen nur Mißerfolge bei der Benutzung von Ringöfen zum Cementbrennen ergeben. Zunächst zeigten sich mechanische Schwierigkeiten bei dem Aufbau der Cementmasse in den Kammern, dann Unzuträglichkeiten der ungleichmäßigen Erhitzung des Brenngutes und endlich die große Schwierigkeit der Regulirung des Hitzegrades. Dieser Umstand ist hier von ungleich größerem Belang als beim Kalkbrennen, weil das Cementmaterial hinsichtlich des Temperaturgrades weit empfindlicher als Kalkstein ist, weil ein ganz bestimmter, durch die Erfahrung zu ermittelnder Hitzegrad für jede einzelne Composition erforderlich ist, weil dieses Material entweder sehr leicht in Folge seines Gehaltes an verglasenden Antheilen todt gebrannt wird, oder bei zu geringen Hitzegraden in ungenügend gebranntem Zustande verbleibt.

Dagegen sind wir fest überzeugt, daß durch den in neuester Zeit von dem Ziegelei-Ingenieur Otto Bock in Braunschweig construirte continuirliche Kanalofen (vergl. §. 74.) der zum Brennen von Ziegeln, Thonwaaren und Kalk bisher schon die günstigsten Resultate geliefert hat, auch die so schwierige Aufgabe des gleichmäßigen und ökonomischen Brennens der Portland-Cementmasse auf das vollkommenste gelöst werden kann. Obwohl praktische Versuche mit diesem Ofen in einer Cementfabrik bisher noch nicht gemacht wurden, so berechtigen die überaus günstigen Erfolge beim Ziegel- und Kalkbrennen, ein gleiches Resultat beim Brennen von Cementwaare zu erwarten; denn der Bock'sche Kanalofen ermöglicht, ohne Wärmeverlust die zu brennenden Waaren in den permanent in Gluth befindlichen Feuerraum hinein und gleichzeitig fertig gebrannte heraus zu schaffen; ohne daß es einer Abkühlung des Ofens bedarf. Dabei ist die Erhitzung des Brenngut eine gleichmäßig langsam zunehmende bis zum vollen Garbrande, während die Abkühlung der gebrannten Waaren (was bei Kalk- und Cementbrennen so wichtig ist) nicht durch die äußere Luft, welcher der gebrannte Kalk die feuchten Bestandtheile begierig entzieht, sondern mit erwärmter Luft erfolgt, die unterhalb der Wagenreihe circulirt und am Kühlende in den Ofen gezogen wird. Die Vortheile des Kanalofens gipfeln in den 4 wesentlichen Punkten, a, des geringen Bedarfs

an Brennmaterial, weil vollständige Ausnützung der damit erzeugten Wärme stattfindet, b, der Sicherheit mit welcher das Feuer regulirt und gesteigert werden kann, sodaß man jedem Theil des Brenngutes den geeigneten gleichmäßigen Hitzegrad ertheilen kann, c, der Dauerhaftigkeit der Anlage, indem die sich einmal in Glühhitze befindlichen Wände nicht, wie beim Ring- und andern Oefen, periodisch wieder abgekühlt werden und d, der billigen und bequemen Betriebsweise, die auch vom Standpunkt der Humanität eine bessere genannt werden darf, weil die beschäftigten Arbeiter nie den gesundheitsschädlichen Einflüssen von Hitze und Staub ausgesetzt sind.

Im Allgemeinen empfiehlt es sich, die zum Brennen von Portland-Cement benutzten Oefen irgend welcher Construction mit einem innern Futter von feuerfesten Steinen zu versehen.

§. 130. Für die Erzeugung eines guten Portland-Cementes ist der gleichmäßige Ausfall des Brandes, und die Erzielung einer durchaus garen Cementschlacke, unter möglichster Vermeidung nicht nur ungarer und verbrannter Partien, sondern insbesondere auch schwachgarer Masse, von wesentlicher Bedeutung. Bei den bestehenden mangelhaften Ofenconstructionen hängt das Gelingen des Brandes stets von der practischen Routine und Geschicklichkeit des Brandmeisters ab; es ist in der That bemerkenswerth, daß mit den unvollkommenen Schachtöfen durch richtige erfahrungsmäßig festgestellte Zumessung des Brennmaterials die relativ guten Resultate überhaupt noch erzielt werden, welche man in der Praxis erreicht.

Der Portland-Cement erfordert zum Garbrennen die helle Weißgluth. Gare Cementschlacke unterscheidet sich in Form und Farbe so wesentlich von nicht garer, daß ein Zweifel über die Tauglichkeit des aus dem Ofen kommenden Fabrikats gar nicht aufkommen kann. Das Ansehen des letzteren ist jedoch in verschiedenen Fabriken wiederum verschieden und hängt von der Art der verwendeten Rohmaterialien, ihrer natürlichen Dichte, der Dichte der eingebrachten rohen Masse und manchen Nebenumständen ab.

Die Cementschlacke, welche aus Schlick und Kreide dargestellt wurde, hat in fast garem Zustande eine hellgrüne, dem gewöhnlichen hellgrünen Flaschenglase ähnliche Farbe; bei fortschreitendem Brande wird diese schwarzgrün, und zuletzt blauschwarz oder schwarz. Die gare Schlacke zeigt sich als ein poröses Material von bimsteinartigem Aussehen und außerordentlicher Härte. Der Uebergang von Braun zum Grün geht mitunter so unvermittelt vor sich, daß selbst kleinere Stücke der Cementschlacke, welche einer hinreichend andauernden Hitze

nicht ausgesetzt waren zur einen Hälfte hell- oder dunkelgrün, zur andern Hälfte gelbbraun oder grau sich zeigen. Nur die dunkelschwarzgrüne oder schieferschwarze Schlacke liefert den besten Portland-Cement von blaugrauer Farbe und größter Dichte; grüngraue Farbe des gemahlenen Cementes ist ein Zeichen geringerer Qualität.

Die aus Thon und Kalkstein dargestellte gare Cementschlacke nimmt nicht die schwarzgrüne, fast schwarze Farbe an; diese erscheint vielmehr meistens grünlichgrau; bei fortgesetztem Brennen geht sie in blaugrau oder blauschwarz über, ist dann aber das Kennzeichen eines bereits überhitzten, vollständig verschlackten und todten Materials. Das ermahlene Cementpulver hat häufig einen Stich ins Grünliche, insbesondere bei höherem Eisengehalte. Bei fortschreitendem Brande wird die Cementschlacke immer dichter, härter und fester, das specifische Gewicht zunehmend größer. Der Bruch wird fortschreitend schärfer; die Bruchfläche des garen Cementes erscheint matt und fühlt sich rauh an. Todt gebrannte Schlacke dagegen hat einen mehr muscheligen, glatten Bruch und ein glasiges Ansehen; sie giebt ein graues werthloses Pulver. Die richtig gebrannte Cementschlacke ist sehr hart und fest, fällt jedoch um so dichter aus, je dichter das Material schon vor dem Brande war; lockere Rohmaterialien geben eine mehr bimsteinartige poröse, dichte Rohmaterialien eine massigere, compacte Cementschlacke, besonders dann, wenn diese aus geformten Steinen erbrannt ist.

Der beste Portland-Cement hat neben der größten Dichte den relativ höchsten Gehalt an Kalk und dieser Gehalt muß im fertigen Cement nahezu 60% betragen, ohne weit über diese Grenzen hinauszugehen. Die Schwierigkeiten der Fabrikation wachsen mit dem höhern Kalkzusatze, nicht allein in Folge der Anwendung der höchsten, practisch darstellbaren Temperaturen, sondern auch deshalb, weil der nicht vollkommen richtig verarbeitete und gebrannte Cement von höherem Kalkgehalte größere Neigung zum Treiben hat. — Eine sehr üble Eigenschaft der im Feuer befindlichen Cementmasse ist ihre Neigung in Staub zu zerfallen. Dies Zerfallen kann beim Beginn des Brandes eintreten oder beim Abkühlen der Masse. Im erstern Falle ist das Pulver braungelb und von kreideartiger Beschaffenheit, das im letztern Falle gewonnene Pulver hat häufig ein Stich ins Violette, hat dieselbe chemische Zusammensetzung wie der fertige Portland-Cement und ist dennoch vollständig unbrauchbar; es verhält sich beim Anmachen mit Wasser und nach dem Trocknen etwa wie Lehm. In vielen Fällen giebt lediglich ein zu geringer Kalkgehalt die somit leicht

zu beseitigende Ursache des Zerfallens ab. Außerdem ist auch ein Mangel in der chemischen Zusammensetzung des Thones als die Ursache des Zerfallens anzusehen; liegt jener Mangel an geringem Alkaligehalte, so läßt sich durch Zusatz von nur wenig Kochsalz oder Soda zur rohen Cementmasse nicht selten schon ein besseres Resultat erzielen.

XXIII.

Vom Mahlen und Sieben des Portland-Cements, ebenso des Kalkmergels, Traß's und anderer Zuschläge.

§. 131. Wie oben bemerkt, können der Kalkmergel, die Mergelnieren, der Portland-Cement, Traß und andere Zuschläge zu hydraulischen Mörteln nur in feiner Pulverform verwendet werden und müssen zu dem Ende diese Materialien gemahlen werden. Es kann dieses am besten auf gewöhnlichen Mahlmühlen mit horizontal liegenden Steinen geschehen, dabei müssen aber die zu pulvernden Materialien zuvor in nußgroße Stücke zerschlagen oder zerstoßen werden.

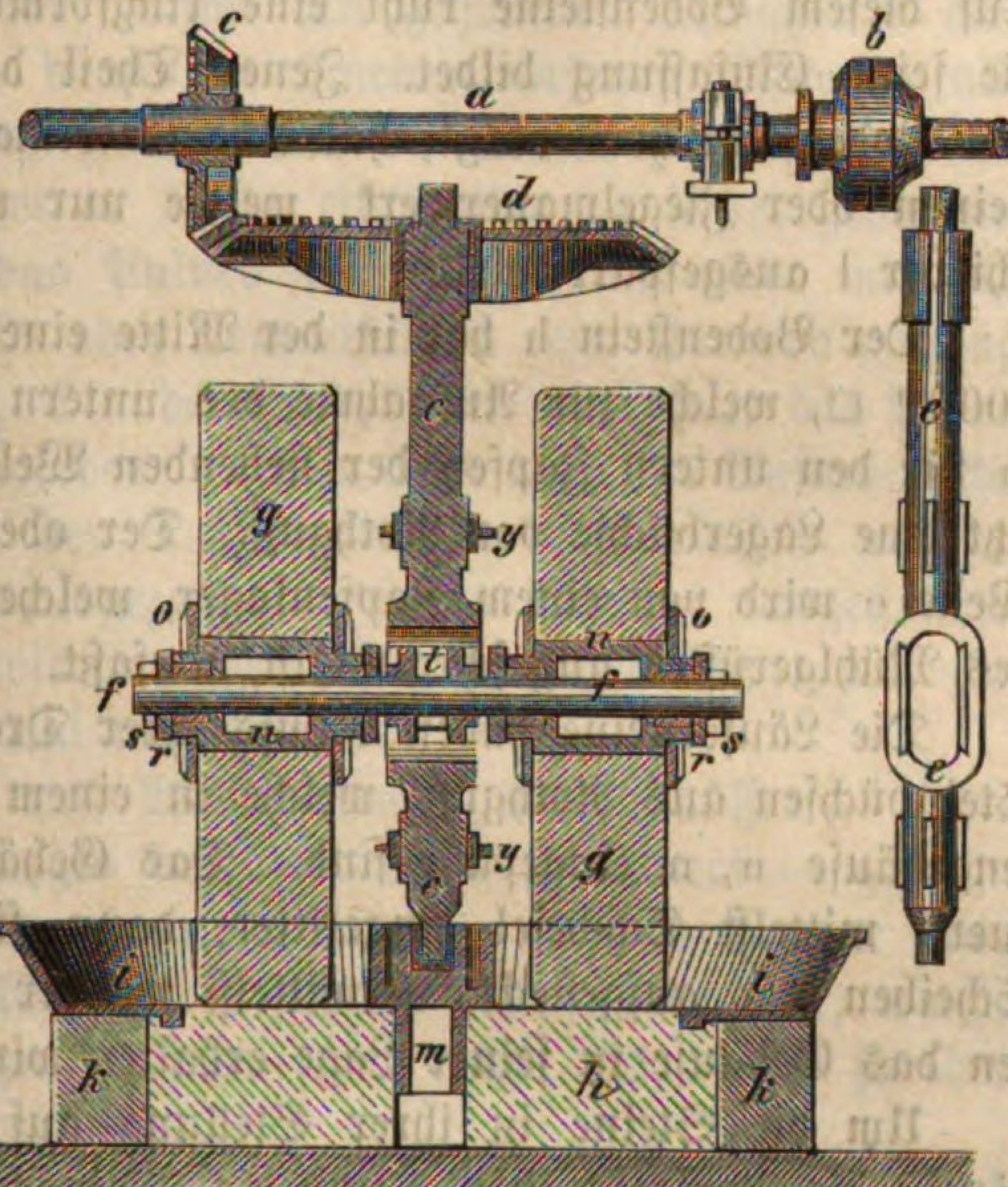
Bei Portland-Cement wird zunächst das aus dem Ofen entnommene Material sortirt, ungares auf die Beschickung des nächsten Ofens gegeben, Todtgebranntes beseitigt; die der garen Schlacke eigenthümlichen Farben und Formen dienen dabei als Kennzeichen für ihre Brauchbarkeit Zur weitern Verarbeitung des außerordentlich harten und festen Materials sind geeignete Maschinen von großer Solidität erforderlich. Im Allgemeinen ist der Gang der Verarbeitung der, daß die oft zu großen Klumpen zusammengeschmolzenen Stücke, soweit erforderlich mit der Hand zerschlagen dann auf Brechmaschinen gebracht werden, welche sie in kleinere etwa wallnußgroße Stücke verwandeln, worauf diese letzteren auf Horizontal- oder Verticalmühlen zu Pulver gemahlen werden.

Zum Vorbrechen wendet man dieselben Maschinen an, welche auch zum Zerkleinern des dichten Kalksteines dienen; Steinbrechmaschinen (Maulbrecher) oder Brechwalzwerke. Erstere sind im allgemeinen wegen größerer Leistungsfähigkeit und geringerer Reparaturen vorzuziehen. Auf diese Maschine folgt der Mahlgang; ist derselbe eine Horizontalmühle, so bedarf es der härtesten und festesten Mühlsteine; man verwendet deshalb französische Steine, wenn solche zu haben

sind. Die Steine werden neuerdings so fein gestellt, daß das Cementmehl ohne weiteres Sieben aus ihnen fertig hervorgeht.

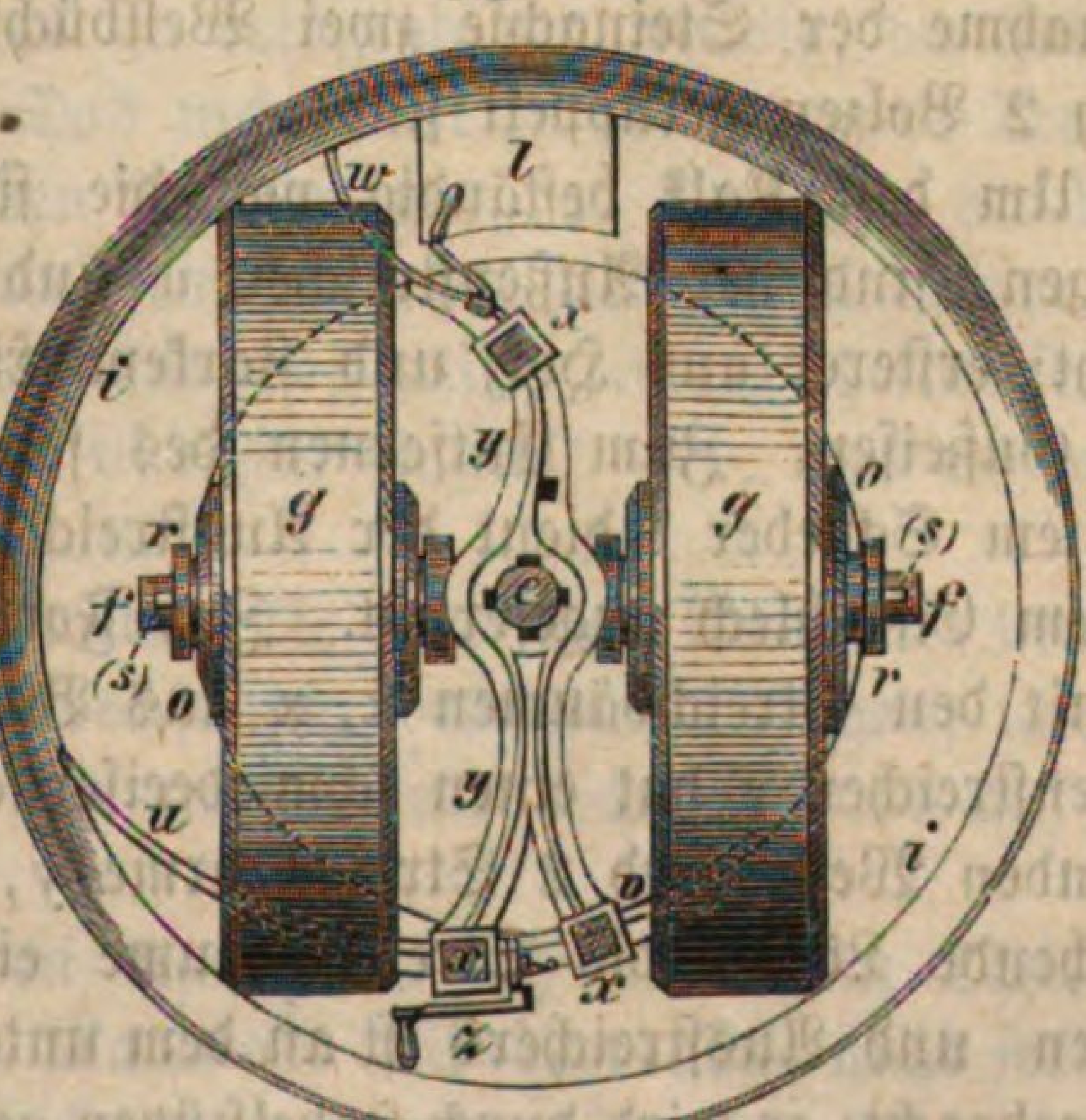
§. 132. Die Verticalmühlen s. g. Kollergänge wurden in den ältern Fabriken allgemein zum Feinmahlen des Cementes, Traß's ꝛc. verwendet und sind auch jetzt noch vielfach in Anwendung. Die gewöhnliche Einrichtung dieser Mühlen ist folgende:

Fig. 65.



Ueber dem Mahlgange Fig. 56. einem verticalen Durchschnitt und Fig. 57. einem Grundriß läuft die gußeiserne 155mm starke Wellenleitung a, sie kann aus mehreren Stücken bestehen, welche durch Kupplungsmuffen b verbunden sind, um mehrere Mahlgänge unter einer und derselben Wellenleitung und auch jeden Gang für sich in oder außer Betrieb setzen zu können, was mittelst eines schmiedeeisernen Hebels, welcher in den Hals der Kupplung eingreift, geschieht.

Fig. 75.



Auf der Wellenleitung ist für den Mahlgang ein konisches Getriebe c von 610mm Durchmesser aufgekeilt, welches dem Triebrade d von 1m, 57 Durchmesser die Bewegung mittheilt; letzteres ist auf die stehende guß-

eiserne Welle e von 180^{mm} Durchmesser aufgekeilt, in der sich ein Schlitz zum Durchlassen der Steinachse f befindet, die einen Durchmesser von 100^{mm} hat. Auf jedem Ende derselben sitzt ein Läuferstein g, g von 1^{m}, 88 Durchmesser, am besten von Granit von 400^{mm} Dicke. Diese Läufer bewegen sich im Kreise auf dem aus Granit anzufertigenden Bodensteine h von 1^{m}, 72 Durchmesser und 400^{mm} Höhe. Auf diesem Bodensteine ruht eine ringförmige gußeiserne Schale i, die seine Einfassung bildet. Jener Theil der Schale, welcher über den Bodenstein hervorragt, hat eine Untermauerung k von Quadersteinen oder Ziegelmauerwerk, welche nur unter dem Entleerungsschieber l ausgespart wird.

Der Bodenstein h hat in der Mitte eine viereckige Oeffnung von 200^{mm} □, welche zur Aufnahme des untern Theils der Lagerpfanne m für den untern Zapfen der stehenden Welle e dient, in derselben sitzt eine Lagerbüchse von Rothguß. Der obere Zapfen der stehenden Welle e wird von einem Zapfenlager, welches an einem Querbalken des Mühlgerüstes angeschraubt ist, umfaßt.

Die Läufersteine haben behufs ihrer Drehung um die Achse je 2 Steinbüchsen aus Rothguß, welche in einem gußeisernen Steinbüchsengehäuse n, n eingepaßt sind. Das Gehäuse ist mit dem Steine zuerst mittelst Schwefel eingekittet; dann sind aber auch noch die Scheiben o, o aufgesteckt, vermittelst welcher und durchgehender Bolzen das Gehäuse in seiner Lage erhalten wird.

Um die Steine in ihrer Stellung auf der Achse zu erhalten, dienen die Vorlegscheiben r und die Steinachsenkeile s mit einer Nase und Vorsteckplint. Im Schlitze der stehenden Welle befinden sich zur Aufnahme der Steinachse zwei Wellbüchsen t von Rothguß, welche durch 2 Bolzen gekuppelt sind.

Um den Kalk beständig vor die sich umwälzenden Steine zu bringen, sind der Außenstreicher u und der Innenstreicher v angebracht; ersterer aus Holz und starkem Eisenblech construirt, letzterer aus Gußeisen. Zum Entfernen des feingemahlenen Gutes bei geöffnetem Schieber l dient der Ausstreicher w, ebenfalls aus Holz und starkem Eisenblech angefertigt. Zur Fortbewegung der Streicher sind sie mit den Streichbäumen x, x aus Buchenholz versehen. Nur der Innenstreicher v hat einen schmiedeeisernen Streicherbaum. Auf der stehenden Welle sind 2 Streicherarme y, y aufgekeilt, in deren entsprechende Löcher die Streicherbäume eingreifen. Zum Heben des Außen- und Ausstreichers ist an dem unteren Streicherarme der Hebel z angebracht; er wird durch Hebelstützen getragen, und um die Streicher

in der höhern Stellung zu erhalten, sind an den Streichbäumen Federhaken angebracht. —

§. 133. Wenn der Mahlgang in Bewegung gesetzt ist, so besorgt bei diesem ein Arbeiter sogleich das Aufschütten des zu mahlenden Kalkmaterials mittelst Körben, während der andere Arbeiter durch einen Druck an die Feder, welche den gehobenen Streicher u hält, diesen herabfallen läßt, damit die hineingeworfenen Materialstücke, behufs ihrer Zerdrückung gleich unter die Läufer geschoben werden können. Der Ausstreicher w bleibt einstweilen in seiner gehobenen Stellung. Sobald sich das Pulver fein anfühlt und nicht mit allzu vielen unzerdrückten Kalk- oder Cementstücken resp. Körnern gemengt ist, was nach $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde der Fall sein wird, kann das Pulver zum Sieben abgelassen werden; zu dem Ende wird der Außenstreicher u in die Höhe gehoben, der Ausstreicher w herabgelassen und der Entleerungsschieber l herausgezogen. Ist die Schale i ausgestrichen, so wird der Schieber l wieder eingeschoben, und neuerdings, wie eben beschrieben wurde, Material aufgeschüttet.

§. 134. Die Stein- und Wellbüchsen n und t müssen — wenn der Betrieb des Mahlganges ununterbrochen fortdauert — gewöhnlich alle 5 bis 6 Monate herausgenommen und durch neue ersetzt werden. Der feine Kalkstaub, der sich an diese Theile legt, welcher Uebelstand nicht leicht zu beseitigen ist, trägt das Meiste zu ihrer frühzeitigen Abnutzung bei.

Sind die Büchsen einmal so stark ausgelaufen, daß die durchgehende Spindel zu viel Spielraum bekommt, so neigen sich die Läufersteine g nach innen und es ist dringend nothwendig, die Büchsen gegen neue auszuwechseln. Das nicht leicht zu verhindernde Trockenlaufen der Steinachsen in den Büchsen hat das Abnutzen der Achse und der Büchse zur Folge, welchem sich aber dadurch einigermaaßen vorbeugen läßt, daß die Steinachse wöchentlich einmal theilweise aus den Steinen herausgenommen und gut eingeölt wird, was mit wenig Mühe bewerkstelligt werden kann.

Außerdem unterliegen zuweilen die Streicher kleineren Reparaturen, bestehend in der Auswechselung des abgeschliffenen, unteren Blechfutters, womit sie auf der gußeisernen Schale i und auf dem Bodenstein h fortgleiten.

Dieser Kollergang hat den Nachtheil, daß immer ein Theil des bereits hinlänglich gefeinten Materials mit dem noch nicht fertigen durchgearbeitet und herumgeschleppt werden muß. Die Maschine erfordert daher einen großen, unnütz verzehrten Kraftaufwand.

Wenn am Mahlgange eine länger andauernde Reparatur stattfindet, so muß das Getriebe c auf der Wellenleitung soweit zurückgekeilt werden, daß die Zähne des Treibrades d nicht in dasselbe eingreifen können, um die Benutzung der allenfalls anstoßenden Mahlgänge nicht unnöthigerweise zu unterbrechen.*)

§. 135. Das durch obigen Mahlgang gelieferte Kalkmaterial besitzt in diesem Zustande nicht immer die Eigenschaft, sogleich zur Mörtelbereitung verwendet oder in Fässer verpackt werden zu können, indem sich darunter kleinere und größere, unzerdrückte Kalkkörner oder Cementstückchen befinden, die man zuvor durch Sieben entfernen muß.

Zu diesem Sieben bedient man sich am besten besonderer Siebmaschinen oder **Beutelwerke**; ein solches ist in Fig. 58. in einem Längendurchschnitt dargestellt und besteht aus einem dicht verschlossenen hölzernen Kasten A mit starkem Rahmenwerk auf 4 Füßen stehend, ca. 2½ Meter lang, 1 Meter tief und 1½ Meter hoch. In diesem Kasten liegt geneigt das sechsseitige Beutelprisma B, welches in Fig. 59. im Querschnitt zu sehen ist und aus einer hölzernen Welle mit je 6 hölzernen Armen c, c versehen, über welchen die 6, äußerlich abgerundeten Latten d, d befestigt sind; über diese wird ein feines messingenes Drahtgewebe gespannt und an den Latten d aufgenagelt.

Der obere Wellzapfen a ruht in einem an dem Kopfende des Kastens angebrachten gußeisernen Achslager und verlängert sich nach außen, um das konische Zahnrad e aufzunehmen; in letzteres greift ein anderes konisches Rad f auf der verticalen Welle g ein, das mittelst der aufgekeilten Riemscheibe h in Verbindung mit einer andern auf der verticalen Läuferwelle sitzenden Riemscheibe steht und auf diese Weise oder sonst wie in Bewegung gesetzt wird und folglich durch das konische Rad e das Beutelprisma in Umdrehung versetzt. Am Fußende des Kastens liegt der Wellzapfen a des Beutelprismas nur in einem senkrechten Schlitz und wird durch ein aufgekeiltes Rad i mit 6 vorspringenden Daumen, welche auf ein untergelegtes Holz beim Umdrehen schlagen, beständig auf- und niedergeschleudert oder in Erschütterung versetzt

Das von der Mühle C kommende Kalk- oder Cementmehl wird mittelst der trichterartigen Röhre k am obern Ende in das Innere des Beutelprismas eingeführt und theils durch die Umdrehungen,

*) Mihálik, J. v., prakt. Anleitung zum Betonbau. 2. Aufl. S. 53.

theils durch die Erschütterungen wird der feine Mehlstaub durch das Beutelnetz durchgesiebt, während die gröbern Theile am untern Ende von der Erweiterung der Röhre l aufgefangen und außerhalb

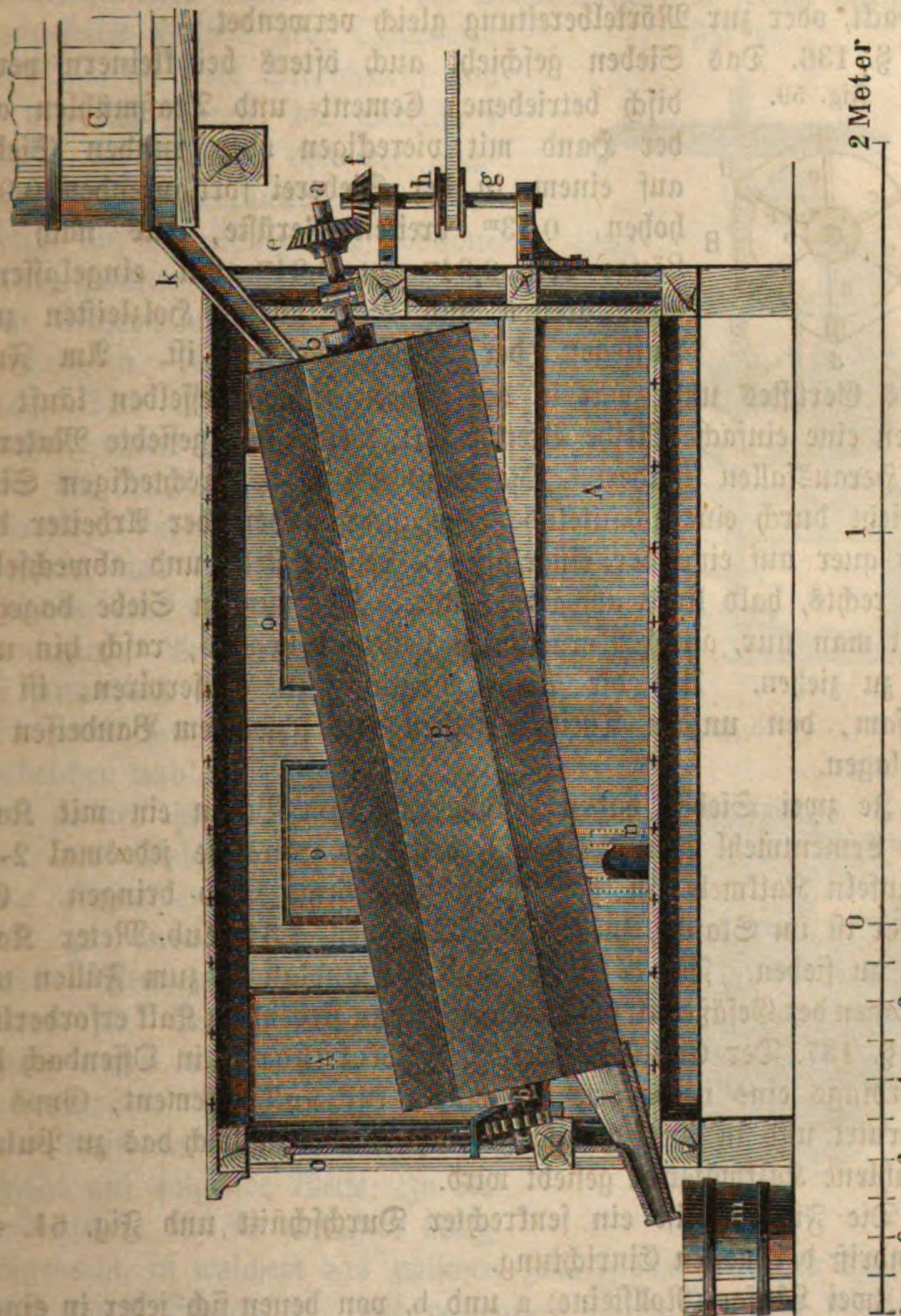


Fig. 58.

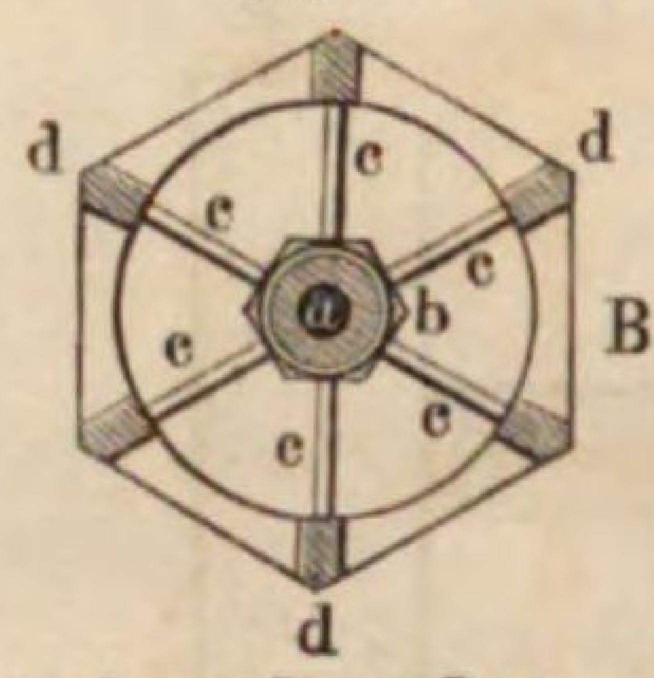
des Kastens in einem untergestellten Gefäße m aufgefangen werden, um nochmals auf die Mühle aufgegeben zu werden.

Diese Siebwerke sind ziemlich kostspielige und stets reparaturbedürftige Anlagen.

Das durchgesiebte feine Kalk- oder Cementmehl wird von Zeit zu Zeit durch die am Boden des Kastens befindliche und durch einen Schieber verschlossene Oeffnung n herausgenommen und in Fässer verpackt, oder zur Mörtelbereitung gleich verwendet.

§. 136. Das Sieben geschieht auch öfters bei kleinern periodisch betriebenen Cement- und Traßmühlen aus der Hand mit viereckigen oder runden Sieben auf einem in der Sieberei fortlaufenden 0,94^{m} hohen, 0,73^{m} breiten Gerüste, das nach der Länge von 0,94^{m} zu 0,94^{m} mit eingelassenen 50^{mm} breiten und 25^{mm} starken Holzleisten zum Auflegen der Siebe versehen ist. Am Fuße dieses Gerüstes und zwar in der ganzen Länge desselben läuft am Boden eine einfache Reihe Bretter fort, welche das gesiebte Material am Herausfallen hindert. Die Handhabung der rechteckigen Siebe geschieht durch eine schaukelnde Bewegung, indem der Arbeiter das Sieb quer auf eine der eingelassenen Leisten stellt und abwechselnd bald rechts, bald links abwärts drückt. Die runden Siebe dagegen pflegt man nur, auf der erwähnten Leiste aufliegend, rasch hin und her zu ziehen. Um die Siebe möglichst zu conserviren, ist es rathsam, den untern Theil derselben mit schwachem Bandeisen zu beschlagen.

Fig. 59.



Je zwei Sieber haben zwischen sich am Boden ein mit Kalk- resp. Cementmehl gefülltes Gefäß stehen, woraus sie jedesmal 2—3 Schaufeln Kalkmehl in das ihnen zugehörige Sieb bringen. Ein Sieber ist im Stande, in 12 Arbeitsstunden 1,54 Cub.-Meter Kalkmehl zu sieben. Für 5 Sieber sind 2 Handlanger zum Füllen und Zutragen der Gefäße mit gemahlenem und zu siebendem Kalk erforderlich.

§. 137. Der Civilingenieur C. H. Reinhardt in Offenbach hat neuerdings eine verbesserte Rollmühle für Kalk, Cement, Gyps 2c. construirt und in Ausführung gebracht, wobei zugleich das zu Pulver gemahlene Kalkmaterial gesiebt wird.

Die Fig. 60. ist ein senkrechter Durchschnitt und Fig. 61. ein Grundriß der neuen Einrichtung.

Zwei Läufer (Rollsteine) a und b, von denen sich jeder in einem Scharnier heben kann, werden durch einen Königsstock c mit herumgeführt. Der Königsstock ist in der Hülse d vierkantig, so daß sich außerdem noch beide Läufer mit der Hülse d frei heben können. Die Steine stehen in ungleichen Abständen vom Mittelpunkte, welches wesentlich ist, um dadurch die Mahlfläche des Mühlbettes zu

vergrößern, wobei aber der der Achse nähere Stein zur Ausgleichung der Centrifugalkraft schwerer, d. h. breiter gemacht werden muß, als der entferntere Läufer. An der Königswelle sind ferner durch zwei aufgekeilte Hülsen zwei Querarme befestigt, die zwei Streichen f und g mit sich führen; die Streiche f schafft die Füllung von der gußeisernen Bodenplatte auf das rings um den Königsstock horizontal gespannte Siebblech h, welches mit Löchern versehen ist, die der verlangten Feinheit entsprechen. Das Sieb liegt um den Durchmesser eines solchen Lochs tiefer als die Läuferbahn, so daß die Streichen nicht auf dem Sieb, sondern nur auf der Bodenplatte schleifen und ersteres nicht zu sehr abnutzen. Auf dem Königsstock ist unterhalb der Bodenplatte ein Staffelrädchen i gekeilt; mittelst Hebelchen und Gegengewicht schlägt ein kleiner hölzerner Klopfer gegen das Siebblech; das fein genug Gemahlene fällt durch und das zu Grobe wird durch die zweite Streiche g wieder zurück unter die Steine gebracht und zwar unter den von der Achse entferntesten. Die Befestigung oder das Aufspannen des Siebes geschieht auf folgende Weise: In die Bodenschale ist ein vertiefter Ring eingedreht, in welchem das zwischen zwei Flacheisenringen befindliche Sieb durch Schräubchen mit versenkten Köpfen befestigt wird. Die Dicke des oberen Ringes ist gleich der Dicke eines Sieblochs und der untere Flacheisenring wird dünner gemacht, wenn durch Abnutzung der Läuferbahn die Streiche sich zu sehr dem Siebe nähert (siehe Fig. 62. in größerem Maaßstabe).

Fig. 60.

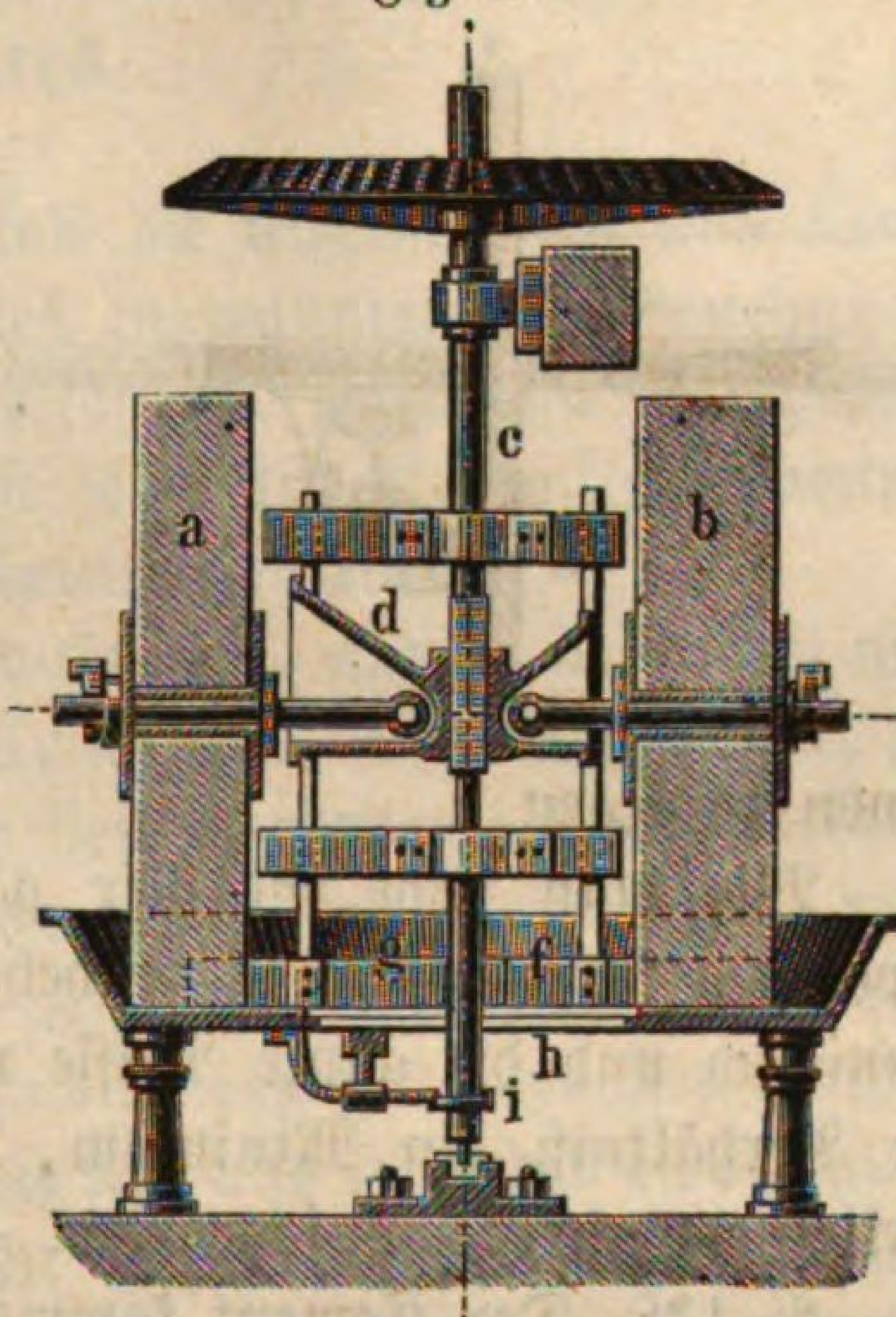
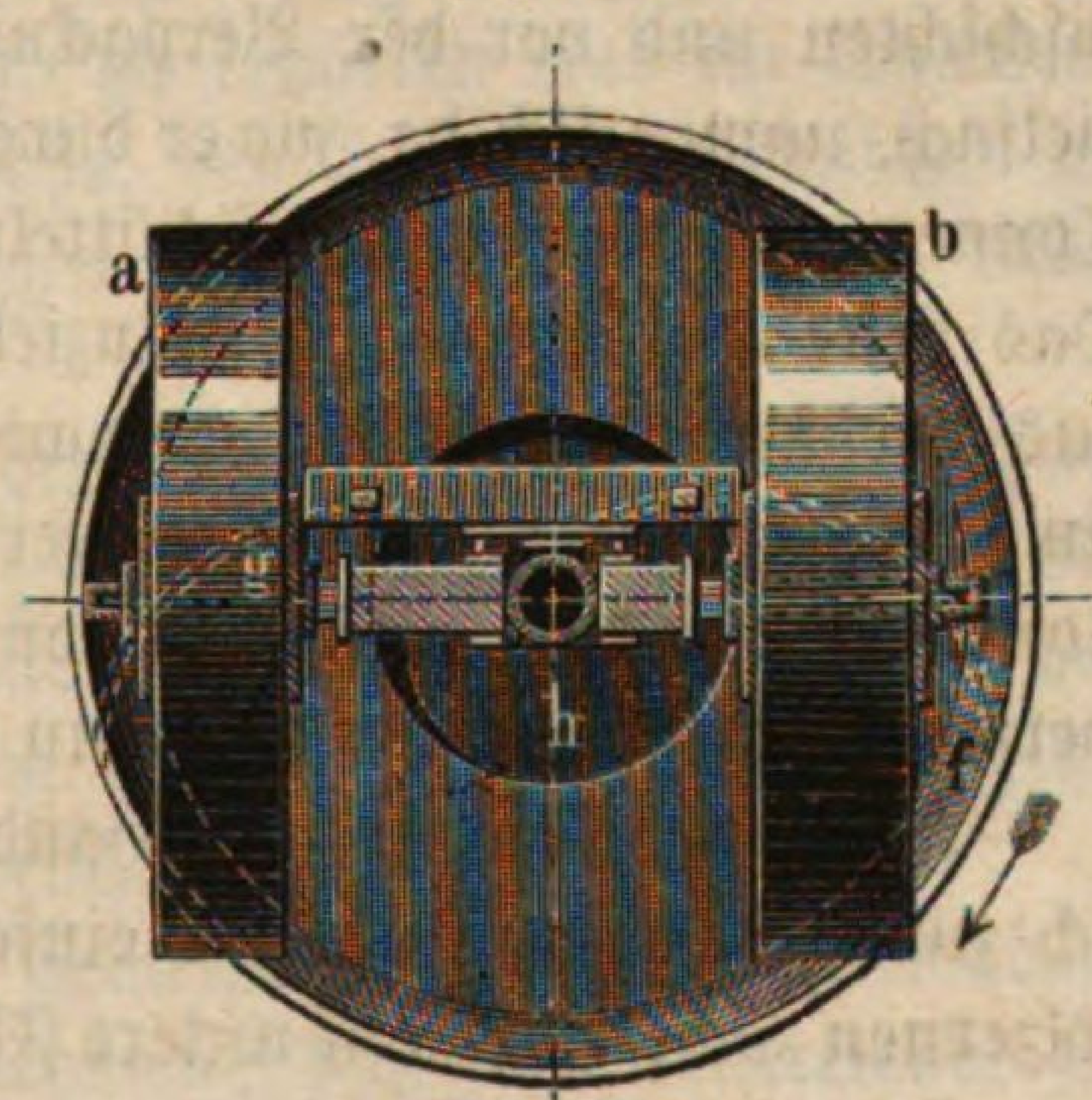


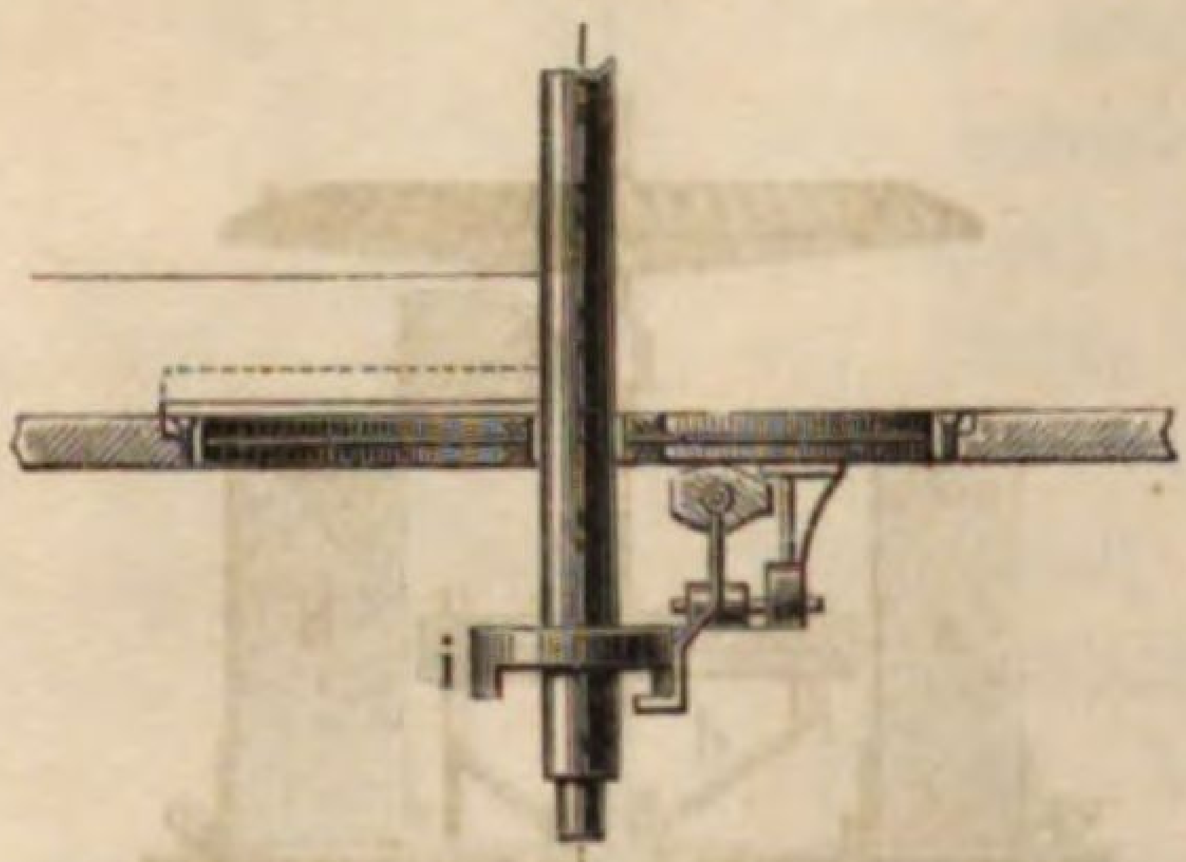
Fig. 61.



Soll die Masse zu feinem Pulver vermahlen werden, so liegt

das Sieb in der Höhe der Läuferbahn; damit aber die Streichen das Sieb nicht berühren, sind sie etwas ausgeschnitten und mit einem das Sieb bestreichenden Wurzelbesen versehen, der auf dieselbe Art wirkt wie eine Streiche.

Fig. 62.



Obgleich die reibende Wirkung der Streiche vergrößert wird, wenn man sie der Achse näher rückt, und dann das Sieb außen herumlegt, wodurch dieses sich vergrößert und die Masse zum Durchfallen mehr Zeit gewinnt, so wurde es in dem vorliegenden Falle doch zweckmäßiger gefunden, das Sieb nach nnen zu legen.

Wie man sieht, ist hier gar keine Handarbeit erforderlich, die Speisung kann beständig geschehen; die Lieferung ist vollkommen continuirlich und die ganze Masse wird sortirt; die Betriebskraft ist dabei im Verhältniß ein Minimum, da sie die Masse nicht unnütz mehr zerkleinert als gewünscht wird. —

§. 138. Der Cement kommt aus den Mahlgängen ziemlich warm hervor; im Allgemeinen hält man es für besser, ihn zunächst aufzuschichten und vor der Verpackung kühlen zu lassen; doch fällt er auch vielfach, namentlich da, wo er durch Siebwerke geht, direct in aufgestellte Tonnen, die durch ein Schüttelwerk in Bewegung erhalten werden. Das erste Verfahren ist vorzuziehen, weil es eine Durchmischung des aus verschiedenen Bränden gewonnenen Materials zuläßt und somit ein gleichartigeres Fabrikat verspricht; es sichert ferner die bessere Conservirung der gefüllten Tonnen, deren Dauben sehr leicht sich werfen und Fugen geben, wenn der Cement heiß eingefüllt wird.

Wird der Cement von Hand in Tonnen verpackt, so bedient man sich zum Feststampfen eines einfachen Geräthes, bestehend aus einer hölzernen Scheibe, deren untere Fläche vertical stehende hölzerne Zinken hat, sie wird mittelst eines verticalen Stieles geführt. — Die Verpackung in Säcke hat keine Bedenken, sobald letztere trocken gehalten und trocken gelagert werden können; ist auch der Portland-Cement in Säcken dem Einfluß der Luft in größerem Maaße ausgesetzt, so übt doch diese auf guten, schweren Cement keinen wahrnehmbaren Einfluß.*)

*) Klose, der Portland-Cement. S 31.

XXIV.

Eigenschaften und Analysen des fertigen Portland-Cementes.

§. 139. Erst in neuerer Zeit sind die Eigenschaften und Kennzeichen eines guten Portland-Cementes in mannigfachen Beziehungen klar gestellt worden, und sind insbesondere durch die werthvollen praktischen Versuche Mangers zuerst feste Anhaltspunkte gewonnen und bis dahin gängige Vorurtheile beseitigt worden.

So lange der englische Portland-Cement, und in der Regel nicht dessen beste Sorte, auch auf dem Continente fast ausschließlich zur Verwendung kam, lag es nahe, seine Besonderheiten als maaßgebende für das Fabrikat überhaupt anzusehen. Auf diese Weise war es möglich, daß verwerfliche Eigenschaften desselben, namentlich das rasche Binden, als eine Grundbedingung guten Cements betrachtet wurden. Man darf behaupten, daß heutzutage die Art und Höhe der an ein gutes Fabrikat zu stellenden Anforderungen keinerlei Zweifel mehr unterliegen. Als Hauptbedingung für seine Brauchbarkeit gelten im Großen und Ganzen die Eigenschaften: mit Wasser angemengt zu binden; an der Luft wie im Wasser fortschreitend zu erhärten und im erhärteten Zustande eine unveränderliche steinfeste, den Einflüssen chemischer wie mechanischer Einwirkungen wesentlichen Widerstand bietende Masse darzustellen.

Mit der Benennung Binden bezeichnet man den Uebergang aus der plastischen Form in die starre. Dieser Uebergang wird an dem angemachten Mörtel äußerlich sichtbar in dem Abtrocknen der Oberfläche und weiter erkennbar aus dem zunehmenden Widerstande, den der Mörtel gegen einen mäßigen Druck leistet.

Während des Bindens soll der Cementmörtel sich nicht erwärmen oder gar erhitzen. Man darf annehmen, daß eine eintretende Erwärmung das Vorhandensein von freiem Kalk anzeigt; die Ursache dieser Erscheinung liegt entweder in unvollkommener feinster Zertheilung und Mischung des Rohmaterials oder in unvollkommenem Brande, auch wohl in diesen beiden Fehlern zugleich. Ganz frischer oder aus frisch gefüllten Tonnen entnommener Cement, wenn er heiß vom Mahlgange kommend eingefüllt wurde, zeigt häufig beim Abbinden eine geringe Temperaturerhöhung, die von keiner Bedeutung ist.

Das Erstarren der mit Wasser angemachten Cement-Masse (Mörtel)

ist Folge der Aufnahme eines Theils des dem Cement hinzugesetzten Wassers. Das überschüssige Quantum wird wieder ausgestoßen und verdunstet.

Je feiner der Cement gemahlen ist, je zarter also das Pulver sich darstellt, desto vollständiger kann die Einwirkung des Wassers vor sich gehen und desto dichter können die einzelnen Partikelchen des Mörtels sich an einander lagern. Je größer ferner die Bindezeit ist, je mehr Zeit also dem Mörtel gelassen wird, unter dem Einflusse des Wassers sich zu setzen und zu verdichten, desto größer wird die Dichte des steingewordenen Productes, desto höher auch seine Festigkeit. Für die Erzielung eines dichten, steinartigen Körpers sind als Hauptbedingungen feinstes, gleichmäßig staubförmiges Pulver und langsames Binden desselben zu bezeichnen. Der Cement bindet aber um so langsamer, je größer seine eigene Dichte ist, d. h. je vollständiger der Fluß im Ofen war; ein künstlicher Stein kann daher nur aus schwerem, somit langsam bindenden und dabei staubförmig gefeinten Cemente dargestellt werden.

§. 140. Die Darstellung eines Cements von großer Eigenschwere verlangt, wie früher erwähnt, die äußerste zulässige Steigerung des Kalkgehaltes und die intensivste Hitze des Brandes. Diese beiden Faktoren sind daher auch von wesentlichem Einfluß auf die Bindezeit des Cementpulvers, welche unter Umständen zwischen wenigen Minuten und ganzen Tagen liegen kann. Man kann annehmen, daß ein guter Portland-Cement, ohne Sandzusatz und mit nicht mehr als der erforderlichen Menge Wassers angemacht, nicht schneller als in 20 Minuten und nicht langsamer als in 6 Stunden abbinden soll. Zwar kann ein noch langsamer bindender Cement von der vorzüglichsten Qualität sein; dennoch wird der Praktiker ihn stets mit Mißtrauen ansehen. Die Schwierigkeit, mit den gebräuchlichen Brennapparaten ein Fabrikat von hoher Gleichmäßigkeit bei äußerst intensivem Brande darzustellen, ist so groß, daß bei fabrikmäßigem Betriebe die Erzielung eines vollkommen hydraulischen Portland-Cementes von einer sehr langen Bindezeit, im Allgemeinen nicht erwartet werden darf. Beim Vorkommen solcher Cemente hat man zunächst immer verfälschtes Material vorauszusetzen und eine sorgfältige Prüfung desselben vorzunehmen. Außerdem ist für sehr viele Zwecke die Anwendung eines äußerst langsam bindenden Cementes unbequem und ungeeignet.

Wie wir oben angedeutet ist der Fabrikant im Stande, je nach der Menge des Kalkzusatzes und der Intensität des Brandes, einen mehr oder weniger schnell abbindenden Cement darzustellen und

dadurch verschiedenartigen Anforderungen der Consumenten zu entsprechen; und in der That kann man gut geleiteten Fabriken ein Material von größerer oder geringerer Bindezeit in Bestellung geben. Im Allgemeinen jedoch wird der im Handel vorkommende, schnell bindende Cement durch Beimengung des ungaren, gelben, für sich rasch abbindenden und dabei sich stark erhitzenden Materials dargestellt. Der Fabrikant findet sein Interesse in dieser Art der Fabrikation und wird dabei durch die Anforderungen des größten Theils der Consumenten unterstützt, der durchaus schnell bindenden Cement verlangt. Verständigerweise sollte weder der Fabrikant auf Bestellung schnell bindenden Cementes sich einlassen, noch der Consument einen solchen begehren.

Für manche Zwecke der Anwendung hält man die Verwendung schnell bindender Sorten für unerläßlich, namentlich da, wo die höhere Festigkeit besseren Materials von untergeordneter Bedeutung erscheint, und es wesentlich darauf ankommt, die Wirkungen bewegten Wassers zu verhindern oder abzumindern. Aber selbst in solchen Fällen ist die Anwendung schnell bindender Portland-Cementsorten keine Nothwendigkeit, wohl aber führt sie stets die Gefahr der Unhaltbarkeit des erhärteten Productes mit sich.

Die Untersuchungen Feichtinger's haben ergeben, daß die Gesammtmenge des von dem Portland-Cement aufgenommenen Wassers, während des Anmachens und in der Zeit des Bindens, eine sehr geringe ist. Da aber der ganze Erhärtungsproceß des Cementes auf der Wasseraufnahme beruht, so folgt aus jener Eigenthümlichkeit, daß selbst eine Störung des Bindungsprocesses nur einen sehr unwesentlichen Einfluß auf die Erhärtung und das Festwerden des Cementes ausübt. Diese Eigenschaft gehört zu den schätzenswerthesten des Portland-Cementes, ist aber bislang wenig beachtet und noch weniger zu bewußter Ausnutzung gekommen. Da wo die Nothwendigkeit vorliegt, einen rasch in den starren Zustand übergehenden Mörtel zur Anwendung zu bringen, soll man nicht etwa schnell bindenden Portland-Cement, sondern ein zuverlässiges gutes, langsam bindendes Material wählen, den bereiteten Mörtel solange unbenutzt stehen lassen, bis die Bindezeit herannaht, oder bereits beginnt, sodann ihn kräftig wieder durcharbeiten und nun rasch in Benutzung nehmen. In Folge des wiederholten Durcharbeitens wird das erhärtete Product eine geringe Einbuße an Dichte erleiden; diese Einbuße ist jedoch unerheblich und hat namentlich für die vorliegenden Zwecke der Anwendung kaum eine Bedeutung. Als solche Anwendungszwecke sind beispielsweise zu erwähnen: die Verstopfung von

Quellen, das Ausfugen triefender Tunnel, Betonniren, sowie alle ähnlichen Arbeiten unter Wasser. Namentlich auch für Betonarbeiten, Dichten von Spundwänden 2c. ist jenes Verfahren außerordentlich empfehlenswerth und in England verschiedentlich schon zur Anwendung gekommen*).

Nach der frühern allgemeinen Ansicht, die auch heute noch nicht ganz beseitigt, verlangte man das Binden des frischen Portland-Cement-Mörtels unter Wasser; man hielt es für ein Zeichen guten Cementes, wenn frisch angefertigte und sofort unter Wasser gebrachte Kugeln ohne Aenderung ihrer Form zunehmend fester wurden. Diese Anschauung ist jedoch durchaus unrichtig; jenen Anforderungen entspricht der schlechteste Cement, nämlich der rasch bindende, am vollkommensten. In Wirklichkeit ist durchaus kein Gewicht darauf zu legen, ob die nach ihrer Anfertigung sofort unter Wasser gebrachten Kugeln ihre Form behalten, oder vollständig sich auflösen; schwerer Cement wird bei diesem Versuche selten die Kugelform behalten, vielmehr in einen kegelförmigen Haufen zerfallen, dessen Erhärtung unter Wasser man jedoch verlangen muß. Ist der schwere Cement frisch und aus der Tonne frisch entnommen, so leistet er mitunter auch bei längerer Bindezeit das Verlangte; etwas älter geworden, wenn auch vollständig tadellos, selten mehr. Die zu Erhärtungsproben unter Wasser zu verwendenden Kugeln läßt man daher zunächst an der Luft abbinden.

§. 141. Die zum Anmachen des Mörtels verwandte Quantität Wasser ist so viel als möglich zu beschränken; je dickflüssiger der Mörtel, desto größer wird die Dichte der erhärteten Masse und desto größer auch deren Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die zersetzenden atmosphärischen Einflüsse. Je schwerer der Cement, desto weniger Wasser erfordert er zum Anmachen des Mörtels, desto dichter kann also wiederum das Product werden. Das Minimalquantum des zuzusetzenden Wassers beträgt für reinen und zwar schweren Cement etwa 20% seines Gewichts; das Maximalquantum, welches nicht überschritten werden sollte, 40%. Der erhärtete Cement hat etwa 15% seines Gewichts an Wasser aufgenommen; ein Theil des Restes wird beim Setzen des noch flüssigen Mörtels, unter Verdichtung und Zusammensinken der Mörtelmasse, wieder ausgestoßen, ein anderer Theil verdunstet während des Erhärtungsprocesses.

Für viele Zwecke der Anwendung, namentlich für die Arbeiten

---

*) H. Klose, der Portland-Cement. Wiesbaden 1873.

des Maurers, ist ein erheblicher Ueberschuß an Wasser in dem angemachten Mörtel unvermeidlich und für dessen regelrechte Erhärtung in sofern förderlich, als dadurch das schnelle Austrocknen der Masse vermieden und häufiges Benetzen der hergestellten Arbeit entbehrlich wird. Für andere Zwecke der Anwendung, z. B. zur Anfertigung von Beton, von geformten Stücken ꝛc. namentlich da, wo große Dichte und Festigkeit des Cementsteins verlangt wird, ist dagegen die Verwendung eines Minimalquantums Wasser empfehlenswerth. Beispielsweise darf der in Formen zu bringende Cementmörtel mit einer so geringen Menge Wassers angemacht werden, daß er wie feuchter Sand, ohne jedweden flüssigen Zusammenhang sich darstellt; der Mörtel wird, wenn die Gestalt der Form solches zuläßt, nicht in die Form gegossen, sondern in derselben festgestampft, wodurch das Product die größte Dichte erhält und die beim Gießen kaum zu vermeidenden Luftblasen aus der Masse völlig ausgeschlossen bleiben. Die derart angewandte Wassermenge ist zur Erhärtung des Mörtels völlig genügend; man hat nur dafür zu sorgen, daß das erhärtende Fabrikat nicht zu frühzeitig an der Luft, z. B. in trocknen Zimmern austrockne und muß nöthigenfalls von Zeit zu Zeit eine leichte Benetzung mit Wasser vornehmen.

§. 142. Die **Erhärtung** des Portland-Cement-Mörtels bedeutet die allmählige Zunahme seiner Festigkeit und Widerstandsfähigkeit; diese Zunahme muß eine fortwährende und bleibende sein, mag der Mörtel an der Luft, unter Wasser, oder abwechselnd der Luft und dem Wasser ausgesetzt, versteinern. Zum Festwerden des Portland-Cement-Mörtels werden etwa 3 Monate erfordert; auch nach dieser Zeit und zwar bis zum Ablaufe von 2 Jahren, findet eine geringere, allmählich sich abmindernde Festigkeitszunahme statt. Die Erhärtung ist im wesentlichen eine Folge der Wasseraufnahme; zwar trägt auch die Kohlensäure der Luft, bezw. des Wassers mit dazu bei, doch beschränkt ihr Einfluß sich vorwiegend auf die Oberflächenpartieen; in das Innere des Mörtels dringt die Kohlensäure nur langsam vor; bis zu erfolgter Erhärtung des Cementes ist sie etwa 2^{mm} tief eingedrungen und auf der Bruchfläche des Stückes an der dunkleren Färbung der Ränder des Querschnitts erkennbar.

Beim Erhärten des Portland-Cementes unter Wasser lösen sich einzelne an der Oberfläche liegende Theilchen ab, und fallen in der ersten Zeit nach dem Eintauchen zu Boden. Auf ruhigem Wasser bildet sich eine feine Kalkhaut; läßt man die eingetauchten Stücke wochenlang ruhig stehen, so bilden sich flockige Niederschläge, das Wasser

fühlt sich fettig an; seifige, stearinartig aussehende Klümpchen setzen sich auf der Oberfläche an den Gefäßwänden ab. In Folge dieser partiellen Zersetzung wird der Mantel der erhärteten Stücke etwas weniger fest, als das Innere; die getrockneten Stücke haben eine rauhere Oberfläche, von der etwas Pulver sich abreiben läßt. Unter Wasser geht die Erhärtung, namentlich in der ersten Zeit, langsamer vor sich als an der Luft; setzt man voraus, daß guter Portland-Cement an der Luft gegen massigen Druck binnen 24 Stunden widerstandsfähig werden muß, so darf diese Periode für unter Wasser erhärtende Stücke auf 48 Stunden ausgedehnt werden. Nimmt jedoch nach dieser Zeit die Oberfläche Eindrücke ohne Schwierigkeit noch an, so wird der Cement in den meisten Fällen von geringer Qualität sein; seine Brauchbarkeit läßt sich dann nur aus weiteren, längere Zeit fortgesetzten Beobachtungen beurtheilen.

Wie bereits bemerkt, soll man probweise zu behandelnde Stücke erst nach erfolgtem Abbinden unter Wasser bringen. Diese eingetauchten Stücke werden geringe Ablösungen von Oberflächenpartikelchen erfahren, müssen im übrigen unter Wasser unverändert bleiben, dürfen keine Risse an der Oberfläche bekommen, noch weniger förmliche Spaltungen zeigen und müssen zunehmend und schließlich vollständig unter Wasser erhärten. Mit Sand versetzte Probestücke müssen vorzugsweise erst vollständig abgebunden sein, ehe man sie unter Wasser bringt; je schwerer, fetter und überhaupt zuverlässiger der Cement ist, einen desto größeren Sandzusatz verträgt er und vertragen die Probestücke, welche unter Wasser erhärten sollen.

Enthält der Cement geringere Mengen freien Kalks, namentlich in Folge nicht ganz gleichmäßiger Zertheilung und mangelhafter feinster Zerkleinerung des rohen Kalkmaterials, so machen diese den Cement nicht immer geradezu unbrauchbar, zeigen jedoch ihre Wirkung an der Oberfläche des erhärteten Stücks. Die Wirkung beginnt bei sonst gutem Material etwa nach drei bis sechs Monaten, mitunter noch später und setzt sich Jahre hindurch fort. Sie zeigt sich in der Ablösung kleiner Theile der Oberfläche ganz ähnlich, nur in kleinerem Maaßstabe, wie bei Kalkputz, zu dem schlecht gelöschter Kalk verwandt war. Die Oberfläche des erhärteten Stückes hebt sich an einzelnen Stellen, die gehobenen Blättchen springen aus und in jedem so gebildeten Grübchen liegt ein mit feinem Auge erkennbares, kleines, weißes Kalkkörnchen. Bilden diese Grübchen sich in größerer Zahl, so bekommt das ganze Stück schließlich ein pockennarbiges Ansehen; bei erheblicherem Gehalte an Kalkkörnchen zerfällt es schließlich.

Finden diese letzteren sich nur vereinzelt in der Masse und ist der Cement gut gebrannt, so tritt das Aufblähen der Kalktheilchen mitunter erst nach 1½ bis 2 Jahren ein, bringt dann aber selten erwähnenswerthe Nachtheile und zeigt sich überhaupt in um so geringerem Maaße, je mehr beim Anmachen des Mörtels Wasser, bezw. Sand hinzugesetzt und je länger das Material während des Erhärtungsprocesses feucht gehalten wurde. Am auffallendsten zeigt die besprochene Erscheinung sich an Stücken, die in trockener Luft fest geworden sind.

§. 143. Der erhärtende Portland-Cement soll weder eine Volumverminderung noch eine Volumvermehrung erleiden. Die erstere tritt in der praktischen Anwendung wohl kaum auf, desto häufiger die letztere. Mit dem Namen „Blähen", „Treiben" oder „Quellen" des Cementes bezeichnet man eine der übelsten, selbst guten Sorten nicht immer fehlenden Eigenschaften dieses im übrigen so schätzbaren Materials. Die höchste Stufe der Volumvermehrung oder des Treibens stellt sich als ein vollständiges Zerfallen des erhärtenden oder bereits erhärteten Fabrikats dar, welches durch Rissigwerden und Abbröckeln einzelner Stückchen eingeleitet wird. Stark treibender Cement ist im Stande, die Steine eines Bauwerks auseinander zu drängen.

Die gewöhnlichsten Ursachen des Treibens der im Handel vorkommenden Cemente sind:

a, Mangelhafter Brand, also ungare Cementschlacke;

b, mangelhafte Feinung und Mischung des Rohmaterials;

c, Fehler in der Zusammensetzung der rohen Cementmasse, insbesondere zu hoher Kalkgehalt.

Von diesen Ursachen sind es hauptsächlich die beiden erst genannten, welche in der Praxis auftreten und entweder jede für sich, oder häufiger noch vereinigt vorkommen. Außerdem kann ein Gehalt an schwefelsaurem Kalk und zu grobes Cementpulver von ungleichmäßigem Korn ein Treiben des erhärtenden oder bereits erhärteten Materials hervorrufen.

Ein geringes Treiben des Portland-Cementes ist für die practische Anwendung um so weniger von Bedeutung, je größer der Zusatz von Sand und Wasser ist und je länger der erhärtende Mörtel einen Ueberschuß an Wasser behält, je mehr also Gelegenheit zu einer schadlosen Ausgleichung der auftretenden Spannungen gegeben ist. Die gewöhnlichen Arbeiten des Maurers, bei welchen sandgemischter Mörtel mit reichlichem Wasserzusatz verwandt wird, also die Aufführung von Mauerwerk, die Anfertigung von Wandputz und ähnliche lassen

sich mit einem Cemente noch herstellen, der in den ersten 14 Tagen, wenn ohne Sandzusatz probeweise angemacht, keine merkliche Anschwellung zeigt und der somit die später anzugebende Probe der Einfüllung von Cementmörtel in Gläser während 14 Tage aushält, ohne die Gläser zu sprengen.

Bei der Verwendung reinen Cementmörtels, wie überhaupt für Anwendungszwecke, die eine besonders sorgfältige und zuverlässige Arbeit bedingen, muß man höhere Anforderungen stellen. Man darf jedoch auch hier ohne Bedenken Cement verwenden, der frühestens nach 4 Wochen das umhüllende Glas knickt, ohne die Schalen abzuwerfen*).

§. 144. Die Versteinerung des Mörtels ist mit Beendigung des Erhärtungsprocesses eingetreten und gleichzeitig der Farbenton wesentlich heller geworden. Das Material bietet sich jetzt als eine steinfeste Masse von gleichmäßiger Härte, dichter Textur, bei glatter oft muscheliger, scharfkantiger Bruchfläche dar und zeigt eine angenehme, lichte blaugraue, bei höherem Eisengehalte etwas ins Olivengrüne spielende Steinfarbe. Je gleichmäßiger und vollkommener der Cement gebrannt und je feiner er gepulvert war, desto schärfer sind die Kanten der Bruchflächen.

War der Brand gut und gleichmäßig ausgefallen, ungares Material sorgfältig beseitigt und der Mörtel mit Sorgfalt bereitet, so erscheint der Cementstein in durchaus gleichmäßiger Farbe von neutralem, das Auge angenehm berührenden Tone. Sobald aber der Cement ungares oder gar im Ofen zerfallenes Material enthielt, so bilden sich auf der Oberfläche des Steines rostgelbe Wolken und Flecken.

Der aus gutem, schweren Cement dargestellte Cementstein ist naturgemäß von längerer Dauer, als der aus leichtem Cement bereitete; jener ist der Verwitterung in bislang kaum nachweisbarem Grade und überhaupt um so weniger unterworfen, je feiner das Cementpulver gemahlen war und je glatter die Oberfläche des Steines ausfällt. Zu wasserdichtem Mauerwerk jeder Art, zu Kanalisirungsarbeiten, Bassins, zu Bauten, von denen eine lange Dauer verlangt wird, sollte man nur bewährten, schweren Portland-Cement verwenden. Dabei ist aber wohl zu beachten, daß die Benutzung des besten Mörtelmaterials ohne Nutzen ist, wenn der verwandte Baustein nicht mindestens die gleiche Widerstandsfähigkeit gegen die Angriffe der Zeit und der Elemente aufweist; dieser Umstand darf nicht außer

*) Klose, H. Der Portland-Cement. Wiesbaden 1873.

Acht gelassen werden und erheischt eine sorgfältige Auswahl und Prüfung des Baumaterials.

§. 145. Cementstein von der vorausgesetzten Güte übertrifft an rückwirkender Festigkeit diejenige guter Ziegelsteine; er erreicht die Festigkeit tauglicher, natürlicher Bausteine vollkommen und wird nur von Marmor, Granit, Basalt und gleichwerthigen natürlichen Steinen übertroffen. Um die Güte und Brauchbarkeit eines Portland-Cementes zu beurtheilen ist zwar zunächst die chemische Analysirung erforderlich, deren Vergleichung mit den Analysen bewährter Cemente Auskunft darüber giebt, ob die Zusammensetzung des Materials den oben gestellten Anforderungen entspricht. Die lediglich quantitative Analyse allein ist jedoch zur Erkennung der Tüchtigkeit und Tauglichkeit des Cementes nicht ausreichend. Es genügt nicht zu wissen, aus welchen Bestandtheilen der Cement und in welchem Verhältniß er zusammengesetzt ist, es muß auch untersucht werden, ob diese Bestandtheile in wirksamer Eigenschaft vorhanden sind. Selbst dann, wenn die Analyse eine vollkommen regelrechte Zusammensetzung der chemischen Bestandtheile nachweist, kann der Cement mit den schwersten Fehlern behaftet sein. Auch einzelne Proben über seine Bindekraft sind unzulänglich, wenn schon einer der wesentlichsten Fehler, die Beimischung ungarer Theile durch ein zu rasches Binden in der Regel sich zu erkennen giebt. Ein erheblicher Antheil verbrannten Materials Verfälschungen 2c. können Ursache eines langsamen, anscheinend durchaus regelrechten Abbindens des im Uebrigen wenig oder gar nicht brauchbaren Cementes sein.

Die chemische Analysirung des Portland-Cementes ist einem durchaus bewährten und in ähnlichen Arbeiten erfahrenen Chemiker zu überlassen; dieser wird zugleich das specifische Gewicht des Cementes feststellen, eine Arbeit, die nur von kundiger Hand ausgeführt werden darf, da die Ermittelung des specifischen Gewichtes gekörnter oder pulverförmiger Körper Schwierigkeiten bietet. Alle übrigen Proben können vom Bautechniker vorgenommen werden. Eine sachgemäße Untersuchung erfordert umfangreiche Versuche, zu denen außer der Feststellung über die etwaige Volumvergrößerung auch Festigkeitsproben gehören. In dieser Beziehung ist zu erwähnen, daß die absolute Festigkeit reinen Portland-Cementsteins bester Qualität bis 42 Kilogramm pro Quadratcentimeter, die rückwirkende Festigkeit desselben bis 520 Kilogramm pro Quadratcentimenter beträgt.

§. 146. Die auf der Baustelle vorzunehmenden Proben müssen hauptsächlich feststellen:

1. die Bindekraft des Cements an der Luft wie unter Wasser;
2. das Haften am Stein;
3. die Unveränderlichkeit des Volumens des erhärteten Cementes;
4. den Sandzusatz, den der Cement erträgt; endlich in geeigneten Fällen;
5. die Wasserdichtigkeit des Cementsteines.

Die Proben werden zum Theil unter Anwendung eines Sandzusatzes vorgenommen. Zur Anfertigung der Probestücke entnimmt man eine kleine Quantität Cement aus jeder Tonne jeder einzelnen Anlieferung.

Um die Bindekraft des Cementes zu untersuchen, formt man Kugeln aus freier Hand, läßt sie an der Luft abbinden und beobachtet die hierzu nöthige Zeit; während dieser dürfen die Kugeln sich nicht merklich erwärmen; von den abgebundenen Kugeln legt man einige unter Wasser und beobachtet ihr Verhalten; sie dürfen im Wasser sich nicht auflösen, weder sich spalten noch rissig werden, oder abgebröckelte Partien zeigen, müssen vielmehr ihre ursprüngliche Form behalten und fortschreitend erhärten. Die zu baulichen Zwecken zu verwendenden Cementsorten müssen nach 24 Stunden unter Wasser gegen leichte Eindrücke widerstandsfähig geworden sein. Keine der Proben darf gelbe oder rostfarbene Flecken aufweisen. Die Kugeln werden am besten in folgender Weise angefertigt. Man macht das Cementpulver mit nur soviel Wasser an, daß die gut durchgearbeitete Mischung die Consistenz feuchten Sandes hat, ballt dann eine Partie derselben in der Hand zusammen und schüttelt sie einige Zeit lang in der hohlen Hand. Hierdurch verdichtet sich der Mörtel, überschüssiges Wasser tritt hervor und die Masse wird plastisch; die Kugel bekommt ein dichtes und festes Gefüge.

Die auf solche Weise angemachten Kugeln sollen an der Luft nicht schneller als in 20 Minuten abbinden; in der Consistenz des gewöhnlichen Mörtels angerührt, werden dann bis zu 30 Minuten bis zum Abbinden erfordert. Die an der Luft erhärtenden Stücken müssen, namentlich in der ersten Zeit, ab und zu angefeuchtet werden, wenn sie im trockenen Zimmer lagern. Die unter Wasser fest werdenden Stücke bedürfen zur vollständigen Erhärtung eines etwas längeren Zeitraumes, als jene; im Allgemeinen kann man jedoch annehmen, daß die Versteinerung in beiden Fällen nach 3 Monaten eingetreten ist, wenngleich eine geringe Festigkeitszunahme auch in den folgenden 20 bis 24 Monaten erfolgt. Ohne Festigkeitsversuche läßt sich der Grad der Erhärtung nur in oberflächlicher Weise, die Härte und

Widerstandsfähigkeit des steingewordenen Materials in der Hauptsache nur durch praktischen Blick abschätzen. —

§. 147. Zur Untersuchung des Haftens des Cementes am Stein und zur Beurtheilung der Festigkeit und Brauchbarkeit des Materials breitet man eine Partie angerührten Mörtels auf einem angenäßten Dachziegel, oder einem Ziegelstein von reiner Oberfläche aus. Ein guter Dachziegel eignet sich am besten, weil er nicht zu scharf gebrannt, gleichmäßig gar und von rauher Oberfläche ist; an Ziegelsteinen dagegen, die scharf gebrannt sind und eine glatte, etwas verglaste Oberfläche zeigen, haftet der Cement sehr mangelhaft; solche Steine sind daher sowohl bei Anstellung von Versuchen, als auch zur Verwendung für in Cementmörtel auszuführendes Mauerwerk auszuschließen. Von jenen Probestücken fertigt man mehrere an, legt einige derselben nach erfolgtem Abbinden unter Wasser, während man andere an der Luft erhärten läßt. Keine der Proben darf Risse bekommen, vom Stein sich ablösen oder unter Wasser sich erweichen. Der erhärtete Cement muß die oben geforderte, gleichmäßig blaugraue Farbe, ohne gelbe Flecken zeigen; er muß so fest am Stein haften, daß er bei gewaltsamer Trennung Theile des Steines von der ganzen Berührungsfläche abreißt und überhaupt darf eine Trennung nicht ohne Bruch der Probe und nur in kleinern Partien zu ermöglichen sein.

§. 148. Zur Feststellung der Unveränderlichkeit des Volumens macht man Partien des Cementes mit Wasser an und füllt den Mörtel in kleine dünnschalige Gläser, wobei man Luftblasen thunlichst zu vermeiden, bezw. solche durch Schütteln und Aufstoßen des Glases zu entfernen sucht. Während des Abbindens dürfen die Gläser sich nicht fühlbar erwärmen. Man bewahrt dieselben im trockenen Zimmer auf, taucht sie von Zeit zu Zeit unter Wasser und beobachtet regelmäßig und täglich ihr Verhalten. Hat der Cement beim Abbinden sich stark erhitzt, so darf man darauf rechnen, daß das Glas schon nach einigen Stunden springt, daß also der Cementmörtel eine erhebliche Volumvermehrung erleidet. Der Cement ist dann gänzlich unbrauchbar, er wird allerdings erhärten, das Product wird aber nach einigen Monaten seinen Zusammenhang wieder verlieren und in Stücke zerfallen. Sprengt der Cement das Glas innerhalb weniger Tage nach dem Anmachen, so ist seine Verwendung nicht anzurathen. Die aus demselben geformten Probestücke erhärten zwar zunehmend und erlangen nach einigen Wochen die größte Festigkeit und Widerstandsfähigkeit, deren sie überhaupt fähig sind, die aber die Festigkeit

tadellosen Cementes nicht erreicht; von jenem Zeitpunkte ab geht aber ihre Festigkeit wieder zurück und nach Verlauf von Monaten, selbst Jahren verliert sich der Zusammenhang vollständig und die Stücke zerbröckeln. Probestücke aus solchem Cement zeigen nach etwa 4 Wochen eine relative Festigkeit bis zu 40 Kilogramm pro Quadratcentimeter, welche sich allmälig wieder vermindert; nach 6—12 Monaten lassen sich die Proben, wenn sie auch äußerlich noch ihren vollen Zusammenhang zeigen, ohne Schwierigkeit mit der Hand zerbrechen. Guter Portland-Cementstein erreicht eine relative Festigkeit bis zu 90 Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Wenn der Cement das Glas erst nach 14 Tagen bis zu 4 Wochen spaltet, so ist er für solche bauliche Zwecke brauchbar, für welche er mit Sandzusatz und nicht zu wenig Wasser angemengt wird. Eine ganz geringe Volumvermehrung, die sich durch Spaltung des Glases nach 4 Wochen und mehr kund giebt; kann als unschädlich betrachtet werden. —

§. 149. Die Menge des Sandzusatzes, welchen ein Portland-Cement verträgt, ist um so größer, je besser das Material; und zwar kann der Sandzusatz um so stärker sein:

je fetter der Cement ist;
je schwerer der Cement und
je feiner er gemahlen ist.

In ersterer Beziehung ist noch zu bemerken, daß ein und derselbe Cement, je nach der Feinheit des Korns und der Schärfe des Brandes fetter oder magerer erscheinen kann; der schwere Cement hat immer ein mehr mageres Aussehen als der aus demselben Brande erstellte leichtere Cement und insbesondere giebt die Beimischung ungaren Materials dem Erzeugniß den Anschein eines fetteren Cementes.

Wie leicht erklärlich, giebt es eine, von der Güte des Cementes zunächst unabhängige, äußerste Grenze für die Menge des anzuwendenden Sandes; sobald der Cementbrei nicht mehr im Stande ist, jedes einzelne Sandkörnchen mit einer dünnen Haut zu umhüllen und es mit dem nächst liegenden Körnchen zu verkitten, hat man das zulässige Maximum bereits überschritten. Die Grenze selbst ist abhängig von dem Korn des zur Verwendung kommenden Sandes, wie von der Form und Schärfe der Sandkörner und von der Feinheit des Cementpulvers; es ist daher nöthig, das Maaß der Zwischenräume zwischen den Sandkörnern festzustellen, wozu das in §. 94. angegebene Verfahren dient. Am besten wird als Zusatz zum Portland-Cement ein nicht zu grober, recht reiner, staubfreier, nöthigenfalls gewaschener

und scharfer Mauersand von möglichst gleichmäßigem Korn verwendet. Um zur Beurtheilung der Güte des Cementes zu gelangen ist das mögliche Maximum des Sandzusatzes in eben erwähnter Weise vorerst festzustellen. Nach Ermittelung desselben fertigt man Mischungen aus einem Theil Cement und einem, bis zu soviel Theilen Mauersandes, als das berechnete Maximum ergiebt.

Der Sand wird zu diesen Mischungen ganz trocken verwendet und nach gehöriger Durchmischung beider Materialien wird noch das nöthige Minimalquantum Wasser hinzugegeben.

Aus dem in verschiedenen Mischungsverhältnissen angemachten Mörtel fertigt man in der oben beschriebenen Weise Kugeln, zeichnet sie zur Vermeidung von Verwechselungen und läßt sie an der Luft vollständig abbinden, wozu bei höherem Sandzusatz und langsam bindendem Cement jedenfalls mehrere Stunden gehören. Darnach versenkt man sie behutsam unter Wasser und beobachtet, ob sie ihre Form behalten und fortschreitend erhärten, oder aber zerfallen. Soll der Cement als ein brauchbarer erkannt werden, so müssen sämmtliche Kugeln unter Wasser ganz bleiben.

Die relative Güte verschiedener Portland-Cemente läßt sich aus dem Maximum des Sandzusatzes beurtheilen, den die Kugeln überhaupt gestatten ohne sich aufzulösen, oder ihre Form zu ändern. Zur Erlangung eines Urtheils hierüber fertige man in angegebener Weise Kugeln in größerer Anzahl mit dem 3-, 4- und 5fachen Sandzusatze und bringe sie nach dem Abbinden unter Wasser. Selbst bei gutem Portland-Cement werden die im Verhältniß 1 : 5 zusammengesetzten und gleich nach dem Abbinden unter Wasser gebrachten Kugeln selten unbeschädigt bleiben und auch bei dem Verhältniß 1 : 3 und 1 : 4 werden vielleicht einzelne Kugeln zerfallen, während andere derselben Cementsorte und desselben Mischungsverhältnisses ganz bleiben. Je mehr Kugeln mit höherem bezw. höchstem Sandzusatze fest werden, desto besser ist die Qualität das zu ihnen verwendeten Portland-Cementes. —

Je weniger fein der Cement vermahlen ist, desto schlechter wird er die Sandprobe bestehen; um die Zwischenräume der Sandkörner zu füllen, ist von gröber gemahlenem Cemente eine größere Quantität nöthig, als die durch Proben ermittelte. Es ist daher nicht gut möglich ein bestimmtes Mischungsverhältniß als Zeichen der Güte des Cementes für alle Fälle zum Voraus festzustellen. Je höher übrigens der Sandzusatz, desto geringer wird erklärlicherweise die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit des Cementsteins gegen chemische, wie mechanische

Einwirkungen. Es empfiehlt sich, die früher angegebenen Proben zur Untersuchung des Haftens am Stein auch mit sandgemischtem Cement vorzunehmen.

§. 150. Wenn die angeführten Proben die Güte des Portland-Cementes erwiesen haben, so darf man im Allgemeinen darauf zählen, daß der Cementstein eine Dichte besitzt, die hinreichend ist, um der Wasseraufnahme zu widerstehen. Je schwerer der Cement und je feiner er vermahlen, desto undurchlässiger ist der Cementstein; umgekehrt darf zu Bauten, von denen man Undurchlässigkeit gegen das Wasser verlangt, z. B. Gasometer Bassins, nur der schwere Portland-Cement verwandt werden. Hat man jedoch ein besonderes Interesse daran, die Wasserdichtigkeit durch directe Prüfung nachzuweisen, so kann die letztere (nach Klose) in folgender Weise vorgenommen werden.

Mit Hülfe einer leicht zu construirenden Form fertige man kleine Gefäße aus reinem Portland-Cementmörtel, gebe den Gefäßen eine Lichtweite von 6—10^{cm} eine Höhe von 8—10^{cm} und eine Wandstärke von etwa 10^{mm}. Beim Einfüllen des steif anzurührenden Breies suche man Luftblasen möglichst zu vermeiden, indem man den Mörtel nur nach und nach aufgiebt und nach jeder Einfüllung durch Klopfen unter die hohlliegende Tischplatte das Zusammensinken des Mörtels und das Freiwerden der Luftbläschen befördert. Nach hinlänglichem Abbinden des Cementes nehme man die Töpfchen behutsam aus der Form und gebe ihnen Zeit zu vollständiger Erhärtung, stelle sie dabei in freier Luft, aber schattig, oder auch im trockenen Zimmer auf und tauche im letzteren Falle sie während der ersten drei Wochen von Zeit zu Zeit unter Wasser.

Nach 3 Monaten kann man mit den Versuchen vorgehen. Man füllt die gänzlich ausgetrockneten Töpfchen zu etwa $^3/_4$ mit Wasser, stellt sie zu weiterer Beobachtung auf und ersetzt das verdunstete Wasser mitunter durch frisches. Hat der Cement die gewünschte Eigenschaften so bleibt die äußere Fläche der Töpfchen, selbst nach wochenlanger innerer Benetzung vollständig trocken.

Hierbei sei noch bemerkt, daß ein Verputz aus reinem Cementmörtel, der wirklich wasserdicht halten soll, eine Stärke von mindestens 12^{mm} erhalten muß. Bei einem Zusatz von einem Theil Sand reicht die doppelte Stärke kaum aus. Der Verputz an Gebäuden kann jedoch schwächer sein, da er nur zeitweise die Feuchtigkeit des Schlagregens abhalten soll und bald wieder austrocknet; ein zu geringes Maaß, wie es in der Praxis häufig angewendet wird, ist jedoch nicht

zu empfehlen; leiden die Mauern ohnedies an Feuchtigkeit, so muß der aus einem Theile Portland-Cement und einem Theile Sand gemischte Mörtel zur Vermeidung des Abfrierens mindestens 20mm stark aufgetragen werden, und diese Stärke dürfte sich überhaupt empfehlen, sofern der Putz nicht lediglich zur Verdeckung des Bausteins dienen soll; die gleiche Stärke ist für Estriche aus Cementmörtel nöthig.

§. 151. Die Analyse des englischen Portland-Cementes ist nach Pettenkofer folgende:

54,11	Kalk,
22,23	Kieselerde,
7,75	Thonerde,
0,75	Magnesia,
1,10	Kali,
1,66	Natron,
5,30	Eisenoxyd,
2,15	Kohlensäure,
0,75	Phosphor,
1,00	Schwefel,
2,20	Thon, Sand,
1,00	Wasser.
100,00	

Das specifische Gewicht fand sich zu 3,05. Die Eigenschaft, unter dem Einflusse des Wassers und der Kohlensäure sich in Stein zu verwandeln, verdankt der Cement im Wesentlichen dem unter der Einwirkung des Feuers gebildeten Kalksilicat und Kalkaluminat.

Von den hydraulischen Bestandtheilen des Portland-Cementes sind es hauptsächlich Kalk und Kieselsäure, welche in festen ziemlich eng begrenzten Verhältnissen auftreten müssen, während andererseits die für die Erhärtung gleichgültigen in möglichst engen Schranken sich halten sollten. Die Grenzen für den Kalk liegen — schweren Cement vorausgesetzt — zwischen 59 und 63%; die Grenzen für die Kieselsäure zwischen 23 und 26%. Thonerde sollte in der Menge von 7 bis 10% vorhanden sein; die obere Grenze von 10% wird von einzelnen im Handel vorkommenden Portland-Cementen fast erreicht, muß daher einstweilen als das darstellbare Maximum angesehen werden, während theoretisch ein noch höherer Gehalt an Thonerde sich empfehlen möchte. Der Perlmooser und der Portland-Cement des Bonner Bergwerks und Hüttenvereins weisen den höchsten Thonerdegehalt auf. Auf den kohlensäurefreien Zustand berechnet, enthält der erstere nach der Analyse des k. k. General- Land- und Haupt-Münz-

Probiramtes 9,9 %; der Bonner Cement nach Hopfgartners Analyse 9,4 % Thonerde, Eisenoxyd darf bis zu 6 %, Alkalien dürfen bis zu 2 % im Portland-Cemente vorkommen; die Güte des letzteren wächst unter sonst gleichen Umständen mit der Abminderung des Procentsatzes an den zuletzt genannten beiden Stoffen, wie an fremden Beimischungen, als Sand, Thon, Schlacken, Kohlenresten und dergl. die ideale Zusammensetzung des Portland-Cementes würde daher sein:

95 % Kalk, Kieselsäure, Thonerde innerhalb der angeführten, jedem dieser Stoffe angewiesenen Grenzen und einschließlich einer geringen Menge (bis zu 2 %) in der Regel vorkommender Magnesia.

5 % Eisen, Alkali und unvermeidliche fremde Beimischungen.

Als mittlere Zusammensetzung eines guten Portland-Cementes giebt Michaelis die folgende, aus einer Reihe Analysen bewährter Sorten berechnete:

Kalk	= 60,05 %	Kali	= 0,80 %
Magnesia	= 1,17 „	Natron	= 0,74 „
Thonerde	= 7,50 „	Gyps	= 1,82 „
Eisenoxyd	= 3,34 „	Kieselsäure	= 24,31 „

Von der vorstehenden unterscheidet sich die Zusammensetzung des Roman-Cementes wesentlich durch geringeren Kalk- und geringeren Kieselsäure- bei etwas größerem Thonerde- und erheblich höheren (bis 20 %) Eisengehalt.

Die Anwesenheit von Gyps im Portland-Cement ist namentlich dann sehr bedenklich, wenn der letztere nicht als ein völlig gleichartiges, vollständig gar gebranntes Fabrikat sich darstellt; aber auch bei normal gebranntem und verarbeiteten Cemente tritt während des Erhärtens und nach demselben eine wahrnehmbare Volumvermehrung ein, sobald der Procentsatz des Gypses höher steigt als etwa 2 %. Man darf Portland-Cement mit 5 % schwefelsaurem Kalk unter allen Umständen als unbrauchbar bezeichnen.

Eine richtige procentige Zusammensetzung des Materials ist jedoch an sich noch kein sicheres Zeichen für seine Güte und Brauchbarkeit. Die chemische Analyse entscheidet eben nur über die Quantität der Bestandtheile, giebt also über die Hydraulicität und sonstigen Eigenschaften des Materials keinen Aufschluß.

Ueber diese kann man nur durch directe Proben sich Ueberzeugung verschaffen *).

---

*) H. Klose, der Portland-Cement, S. 33.

§. 152. Soll Portland-Cement mit gutem Erfolg angewandt werden, so ist vor Allem auf die Mörtelbereitung große Sorgfalt zu verwenden.

Werden Gefäße gebraucht, in denen gewöhnlicher Kalkmörtel enthalten war, so sind dieselben zuvor gut zu reiniaen. Ebenso ist darauf zu achten, daß kein trübes schlammiges Wasser zum Cementmörtel benutzt werde. Der beizumischende Sand muß scharfkörnig und rein sein. Enthält daher ein Sand lehmige Bestandtheile, so muß er durch wiederholtes Waschen gereinigt werden.

Die Materialien sind nach vorher zu ermittelnden Maaßverhältnissen untereinander zu arbeiten. Verfährt man hierbei blos nach ungefährer Schätzung, so kann nie ein gleichmäßiger Mörtel erzeugt werden; auch geht über dem jedesmaligen Ab- und Zuthun unnützer Weise Zeit verloren und in Folge dieses Zeitverlustes sieht man sich oft zu frühe von der Bindung des Cements ereilt, und erleidet somit einen Verlust an Material. Es ist nämlich, wenn man eine zuverlässige Arbeit ausführen will, durchaus unstatthaft, einen bereits erstarrten Cementmörtel durch neuen Wasserzusatz wieder aufzuarbeiten. Es ist daher auch besonders darauf zu achten, daß keine zu großen Quantitäten von Cementmörtel auf einmal angemacht werden.

Wenn der Sand vollkommen trocken, d. h. in der Sonnenhitze oder bei künstlicher Wärme getrocknet ist, so kann man ihn mit dem Cementpulver untereinander mengen und dann erst zu diesem Gemenge das erforderliche Quantum Wasser zufügen. Ist der Sand aber feucht, so ist dieses Verfahren nur bei rascher und vorsichtiger Ausführung anzuwenden. Zögert man nämlich zu lange mit dem Wasserzusatze und mit der Verarbeitung, so kann durch die Feuchtigkeit des Sandes sehr leicht die Kraft des Cements vernichtet werden.

Die einfachste und sicherste Methode der Mörtelbereitung ist daher die, daß man zuerst Cement und Wasser nach den für die gewünschte Mörtelconsistenz abprobirten Maaßen untereinander rührt und alsdann erst das ebenfalls abgemessene Sandquantum zufügt und unterarbeitet.

Ueberhaupt aber ist ein mäßiger Wasserzusatz zu empfehlen, wenn auch der Mörtel zuerst mager und kurz erscheint; durch fleißiges Durcharbeiten und Stampfen wird derselbe bald geschmeidig, bindend, und gerade recht erhärtungsfähig.

Wird der Cement zuerst mit feuchtem Sande gemischt, so bilden

sich beim Einmischen Knötchen, welche die Bildung einer gleichartigen Masse erschweren oder verhindern, und gießt man gleich anfänglich zu viel Wasser auf, so ist man nicht sicher, die Durcharbeitung genügend vorgenommen zu haben. Nach geschehener Verarbeitung aber, sei es zum Mauern, sei es zum Putze, lasse man es nie an Wasser fehlen, das den Mörtel in feuchtem Zustande erhält, bis seine Erhärtung eingetreten. Der beste Cement, in heißem Sommerwetter den Sonnenstrahlen oder einem trocknen Luftzug ausgesetzt, wird, sich selbst überlassen, nie die gewünschte Festigkeit erlangen.

Die größere Wassermasse, mit welcher man den Cement einrührt, verzögert die Erhärtung nicht; selbst in dünnflüssig eingerührtem Mörtel findet dieselbe statt, indem die Bestandtheile des Cements schwerer wie das Wasser sind, sich deshalb absondern und zu Boden sinken, während das Wasser nach oben steigt. Obwohl nun durch größern Zuguß von Wasser die Mörtelmasse in Wirklichkeit nicht vermehrt wird, so ist es doch scheinbar der Fall, weil die Absonderung des Cements nicht immer so schnell erfolgt, als die Zeit zwischen dem Einmischen und der Verarbeitung gestattet. Für Steine, welche vor ihrer Vermauerung fehlerhafter Weise nicht vollständig mit Wasser durchzogen sind, ist dünn eingerührter Mörtel dem dickeren vorzuziehen, damit ihm nicht durch nachträgliches Saugen der Steine das zur Erhärtung nöthige Wasser entzogen werde; im Allgemeinen und bei Verwendung gehörig durchnäßter Steine aber ist dem Mörtel nur gerade so viel Wasser zu geben, als seine sachgemäße Verarbeitung verlangt, widrigenfalls seine Festigkeit eine geringere ist. Denn bei einem mehr als nothwendigen Wasserzuguß bleibt ein Theil desselben als Blasen in ihm zurück, die nach der Erhärtung hohl sind und einen porösen Stein bilden.

§. 153. Erfahrungsmäßig ist der Wand- und Gesimsputz selbst von untadelhaftem Cement nicht immer dauerhaft. Entweder blättert die Oberfläche in dünnen Schalen ab, oder es bilden sich dort Blasen und Buckel, die später abfallen, oder es löst sich der ganze Putz von der Mauerfläche ab und fällt herunter. In diesem Falle trägt die Arbeit des Putzantragens die Schuld.

Um das Herabfallen des Putzes von den Mauerflächen überhaupt zu verhüten, ist es unbedingt nothwendig, die Mauerfläche kurz vor dem Auftragen des Putzes stark mit Wasser anzufeuchten. Andernfalls entzieht die Mauer dem Cement das zur Erhärtung nöthige Wasser und es bildet sich zwischen dem Mauerkörper und der äußern Putzfläche eine trockene Cementschicht; es geht also das Anhaften des

Putzes an der Mauer und hiermit die Dauer des Putzes verloren. Man bedient sich hierzu am besten einer mit einer Brause versehenen Gießkanne und wiederholt das Verfahren in kurzen Zwischenzeiten zwei Mal. Während man zur dauernden Haltbarkeit des Kalkmörtel-Putzes einer gut ausgetrockneten Mauer bedarf, widrigenfalls mindestens unvertilgbare nasse Flecken in der Putzfläche entstehen, kann man den Cementputz ohne Nachtheil für denselben auf eine nicht völlig ausgetrocknete Mauerfläche auftragen. Man findet in Anwendung dieses Putzes sogar ein Mittel, Räume, die nicht lange nach der Vollendung in Benutzung genommen werden sollen, hierzu gebrauchfähig zu machen, ohne daß von etwaiger Feuchtigkeit eine Besorgniß für die Bewohner oder Geräthe im Innern der Umfassungen hergeleitet werden könnte. Eine derartige noch feuchte Wand wirkt auf die langsame Abtrocknung, daher auch auf die Festigkeit des Cements wohlthätig, indem derselbe aus der Wand dasjenige an Feuchtigkeit herauszieht, was er auf seiner Oberfläche an die Luft abgiebt. Der Glaube, daß ein nachträgliches Anfeuchten der Putzfläche das verabsäumte Anfeuchten der Mauer ersetzen könne, ist durchaus irrig, wenngleich ersteres nicht unterbleiben darf.

Am häufigsten ereignet sich das Abfallen des Cementputzes an Bruchstein- und solchen Sockelmauern, welche durch keine Isolirschicht von den Grundmauern getrennt sind. Die Ursache davon liegt darin, daß der reine Cement nach der Erhärtung beinahe gar kein Wasser, der mit Sand gemischte um so weniger in sich aufsaugt, je geringer der Sandzusatz ist. Es bildet sich daher von der innern Feuchtigkeit der Mauer zwischen deren Oberfläche und dem Putze, insbesondere im Spätherbste, eine schwache Wasserschicht. Diese erstarrt im darauf folgenden Winter zu Eis, und da mit Eisbildung eine Volumen-Vermehrung verbunden ist, so wird hierdurch eine Trennung des Putzes von der Mauer bewirkt, die, von Jahr zu Jahr zunehmend, endlich das Abfallen des Putzes zur Folge hat. Man kommt diesem Uebelstand entgegen, wenn man den Putz nicht wie gewöhnlich $^1/_2$ Zoll stark, sondern nicht unter $^3/_4$ Zoll stark aufträgt; eine Stärke, die erfahrungsmäßig der erwähnten Wirkung der Eisbildung eine angemessene Widerstandsfähigkeit bietet.

Das Abblättern der Oberfläche des Putzes, gewöhnlich in 2^{mm} starken Schalen, kann eine dreifache Ursache haben. Die erste davon besteht darin, daß ungeübte Maurer zu anhaltend und zu stark mit dem Reibebrett auf der Putzfläche umherreiben. Sie erzeugen hierdurch, mögen sie auch ein ununterbrochenes Benetzen des Putzes mit

dem Maurerpinsel vornehmen, die Entwickelung von Wärme in der obern Decke des Cementes, in Folge dessen die verfrühte Erstarrung und zugleich die Ablösung dieser Decke vom Grundputz eintritt. Bei diesem Vorgang entstehen Haarrisse in der Decklage, durch welche im Spätherbst das Regenwasser Eingang gewinnt, während dann im Winter der Frost das Weitere thut. Den Winter hindurch hält nun zwar das Eis die Decklage des Putzes fest, im darauf folgenden Frühjahr jedoch beim Schmelzen des Eises fällt sie ab. — Die zweite Ursache bringt der Mangel an Wasser während der Erhärtung mit sich. Derselbe tritt zunächst an der Oberfläche des Putzes, wo die Verdunstung am raschesten erfolgt, ein. Während der Grundputz aus der Mauer einige Feuchtigkeit an sich zieht, gelangt diese nicht bis zur Decklage. Es wird deshalb der Grundputz in einen wirklich erhärteten, die Decklage aber nur in einen trockenen Zustand übergehen. In dem letztern fehlt der volle Antheil an Wasser, den der erhärtete Cement als Bestandtheil haben soll, er ist daher nicht allein unfest, sondern auch undicht, d. h. er gestattet nach seiner Erhärtung das Eindringen von Wasser, das ihn in Folge der Eisbildung mürbe und der ablösenden Kraft des anschlagenden Regens nicht widerstehbar macht. Zur Verhütung dieses Uebelstandes unterlasse man nicht, die überputzten Flächen eine längere Zeit hindurch und zwar möglichst mehrere Wochen, namentlich wenn dem Cement mehrere Theile Sand zugesetzt sind, stark mit Wasser zu begießen, wozu man wiederum am zweckmäßigsten eine mit einer Brause versehene Gießkanne benutzt. —

Die dritte Ursache endlich kann, insbesondere wenn die Mauer nicht feucht genug war, darin liegen, daß einzelne Stellen des Putzes an der Oberfläche zu viel Wasser erhalten. Alsdann bleibt der Grundputz lose, und über diesem bildet sich eine festere, mit jener nicht verbundene Kruste. Der Grundputz, Haarrisse bildend, zieht sich zusammen und nimmt die Decklage in seiner Bewegung mit. Da aber die letztere eine erstarrte, in kleinen Abtheilungen zusammenhängende Schale bildet, so entstehen beim Zusammendrücken Blasen, die später abfallen.

So wichtig es hiernach erscheint, sich zum Putzen keiner andern als geübter, vorsichtig und sorgfältig arbeitender Maurer zu bedienen, so ist dieß noch wichtiger beim Ziehen von Gesimsen. Man durchnässe die Steine mittelst wiederholten Benetzens oder Anspritzens, bereite den Mörtel nicht dünner, als nur eben das Ziehen gestattet, und trage ihn so hoch an, daß ein nachträgliches Anwerfen möglichst

vermieden wird. Nachdem der Cementauftrag zuerst mit hölzernem Reibebrett abgerieben, wende man schließlich eine eiserne Reibeplatte an. Man bewirkt hierdurch nicht nur eine bessere Abglättung der Oberfläche, sondern auch einen festeren und dichteren Verputz. Bei und nach dem Ziehen vermeide man oftmaliges Reiben und Anspritzen an ein und derselben Stelle, und achte darauf, daß das ganze Gesims ein und derselben Behandlung unterworfen, nicht aber an ein und derselben Stelle eine mehrmalige Nachhülfe nothwendig ist. Die größte Sorgfalt verlangen die Sockelgesimse; außerdem darf deren Putzstärke nirgend weniger als 18^{mm} betragen, oder es zieht sich in die entstehenden Haarrisse das Regenwasser bis zur Oberfläche des Mauerkörpers, bleibt dort stehen, gefriert zu Eis und stößt, in diesen Zustand übergehend, allmälig den Putz ab.

In Betreff der Jahreszeit, in welcher die Putzarbeiten mit Portland-Cement am zweckmäßigsten gefertigt werden, so ist der Winter, wo der Frost auf seine Erhärtung störend einwirkt, von selbst ausgeschlossen. Ebenso vermeide man den Spätherbst auf soweit zurück, daß die Erhärtung früher eintritt, als muthmaßlich die Temperatur der Luft auf den Gefrierpunkt sinkt. Von gleichem Nachtheil ist eine anhaltend hohe Temperatur, indem sie die Verdunstung des Wassers im Mörtel zu schnell bewirkt und ihn mehr trocknet, als sein Erhärten zuläßt. Die geeignetste Jahreszeit ist das Frühjahr, so daß ein im Jahre zuvor vollendeter Rohbau im Jahre darauf unmittelbar, nachdem die Besorgniß vor Nachtfröften vorüber ist, an den Außenwänden mit Cementputz versehen wird. Zum Kalkmörtelputzen, zu welchem die Mauern in einem möglichst vollkommen trocknen Zustande sein müssen, zieht man bekanntlich die Sommermonate und den Herbst dem Frühjahr vor*).

XXV.

Ueber Herstellung von Cementgesimsen und Formen dazu.

§. 154. Die Cementgesimse werden nach drei verschiedenen Methoden dargestellt.

a, Die Herstellung zwischen Holzleisten und Ziehen mit der Schablone ist die beste und gleichzeitig billigste Methode, wenn

*) J. Manger, Portland-Cemente. Nachtrag 1859. S. 12.

die Gesimsprofilirungen nicht mit Ornamenten geschmückt sein sollen. Bei dieser Methode kann der Cementmörtel zum Gesimskörper aus 1 Theil Cement und 3 Theilen Sand bestehen; die Gesimsprofilirungen werden dann aus einem feineren Cementmörtel im Verhältnisse von 1:2 oder ohne allen Sandzusatz sauber nachgezogen. Um ein völliges Ablösen des gezogenen Gesimses zu ermöglichen werden die Seitenbretter und das Unterbrett, bezw. der Tisch, auf welchem die Gesimse gezogen werden sollen, am besten mit dünnflüssigem, aufgelösten Thone bestrichen.

Sobald das Gesimsstück fertig ausgezogen und der Cementmörtel mäßig erhärtet, werden die Brettstücke von demselben gelöst und der sehr wenig auf dem Gesimsstück haftende Thonanstrich mit einem Wasserpinsel abgewaschen.

Auch können glatte Gesimse in Holzformen hergestellt werden, dieselben gestatten einen längern Gebrauch und sind dieselben in der Weise einzurichten, daß sie nach Erhärten des Gußes auseinandergenommen werden können. Nach jedem Guße, der bei gutem Cement nach etwa 2 bis 3 Stunden wiederholt werden kann, muß die Form gut geölt werden.

Außerdem können zur Darstellung von Cementgesimsen Formen von sauber gehobelten und profilirten Brettern, welche vorher genäßt worden, benutzt werden. Diese Form wird zunächst mit nicht zu grobem Maculaturpapier glatt ausgelegt, und dann der Cementmörtel (aus 1 Theil Cement und 2 Theilen Sand) eingegossen, hiernach müssen die Gußstücke einige Tage in einem kühlen Raume, um nicht zu schnell zu trocknen, stehen und können in Folge der Maculatureinlage dann leicht und mit Sicherheit herausgenommen werden. Guter frischer Portland-Cement und rein gewaschener Kiessand ist hierbei Vorbedingung.

§. 155. Bei Gesimsprofilirungen erfolgt die Herstellung gewöhnlich b, in Gypsformen. Um gute Gypsformen herzustellen ist zunächst ein schnell bindender Gyps erforderlich; dann sind die Formen so einzurichten, daß die einzelnen Formstücke von einer Schaale fest umschlossen werden. Die fertigen Gypsformen müssen, bevor sie zum Cementguß benutzt werden, wegen leichterer Ablösung des Gußstücks in Leinöl gekocht werden. Um das bedeutende Einziehen des Oels zu vermindern, werden zuweilen die Gypsformen vor dem Sieden in Leinöl mit einer starken Lösung von schwarzer Seife gesättigt. Eben so billig ist das Einstreichen einer Mischung von gelbem Wachs und Leinöl, welche Mischung so lange auf die dem Cementguß zugekehrten Flächen

des Formstückes aufgetragen wird, bis sie, gegen ein Feuer gehalten, von der Masse nicht mehr eingesogen wird.

Wenn ein geringes Quantum von Gesimsen zu fertigen ist, kann man auch eine Schellackauflösung auf die Gypsform bringen.

Diese behandelten Formstücke werden mit Petroleum oder gereinigtem Mineralöl eingestrichen. Zu dem Cementguß dieser Gesimse ist ein nicht zu langsam bindender Portland-Cement wünschenswerth.

§. 156. c. In Leimformen: ist das schwierigste und, wenn ein langsam bindender Cementmörtel zum Guß genommen wird, zugleich das umständlichste Verfahren; zu unterschnittenen und reich profilirten Formen müssen dieselben jedoch angewendet werden. Genaue Kenntniß der Herstellung der Leimformen ist vor Allem nothwendig; auch benutzt man dieselben nicht eher bis der Ueberzug, zu welchem doppelter Leinölfirniß genommen wird, vollständig blank und trocken ist. Um den Cement zum Guß etwas schneller bindend zu machen ist es vortheilhaft, dem Wasser zum Anrühren des Cementes eine Auflösung von Soda hinzuzusetzen. Der durch diesen Zusatz sich bald nach der Erhärtung des Cementgusses zeigende weiße Ausschlag ist unschädlich, denn er verschwindet sehr bald.

Zum Einstreichen der Leimformen wird Oel oder billiger Petroleum verwendet. —

XXVI.

Ueber das Färben der Cementmasse und Herstellen dauerhafter Oelfarbenanstriche auf Portland-Cement.

§. 157. Im Allgemeinen haben Versuche, die Cementmasse für Sculpturen und architectonische Zwecke zu färben, kein günstiges Resultat geliefert, indem sich ergeben, daß sich weder reine Farbentöne hervorbringen lassen, noch daß dies ohne bedeutende Verminderung der Festigkeit der Cementmasse geschehen kann. Namentlich gilt dieses von der Methode, dem frisch angemachten Cementmörtel Farbenkörper in solcher Menge beizumischen, daß die Oberflächen später die gewünschte Färbung zeigen. — Es liegt auch in der Natur der Sache, daß reine, helle, lebhafte Farben niemals zu erzielen sind, da die schmutzige graue Farbe des Portland-Cementes dies nicht zuläßt. Durch das mit der verdunstenden Feuchtigkeit nach Außen geführte Kalkhydrat wird jede Farbe verwischt und zum großen Theil überdeckt.

Ferner verbieten sich alle Farben, welche nicht sehr billig sind; alle, welche durch die stark alkalische Reaction des Cementes verändert werden, und alle, welche nachtheilig auf die Bindekraft des Cementes einwirken.

Hierzu sind zwei verschiedene Methoden in Anwendung gekommen.

§. 158. Nach dem einfachern Verfahren wird die fertige Farbe mit dem Cementpulver gemischt.

Hierzu sind folgende Farben in Anwendung gekommen:

Für Weiß ist Barytweiß (Blanc fixe) am meisten zu empfehlen.

Für Roth Caput mortuum, für gelbe und braune Farben die Ockerarten; diese Farben sind matt und beeinträchtigen außerdem die Festigkeit beträchtlich.

Für Blau und Grün blauer und grüner Ultramarin, welche jedoch erst bei Anwendung von 1 Theil Farbe und 2 Theilen Cement lebhafte Farben geben, dabei aber die Festigkeit des Cementsteins sehr gefährden und sehr theuer sind.

Für Schwarz hat man Frankfurter Schwarz anzuwenden versucht, aber gefunden, daß dies die Bindekraft und Festigkeit des Cements in hohem Grade beeinträchtigt.

Für Schwarzbraun hat man mit Mangansuperoxyd oder mit aus kohlensaurem Manganoxydul dargestellten Oxyduloxyd ziemlich günstige Resultate erzielt. Auf 3 Theile Cement werden 2 Theile Manganoxyd genommen. Diese Farbe wirkt, besonders wenn aus natürlichem Superoxyd bereitet, nicht gerade ungünstig auf die Festigkeit; auch ist dieselbe nicht zu kostspielig, um in so starken Verhältnissen immer noch angewendet werden zu können.

Am schönsten werden alle mit den erwähnten Farben hergestellten Gegenstände, wenn sie nach einiger Zeit mit Wasserglas bestrichen werden.

§. 159. Bei dem zweiten Verfahren wird der Cement mit einer Salzlösung angerührt, dann wird er in die Lösung eines anderen darauf reagirenden Salzes gelegt oder mit der Lösung des letzteren geschliffen. Dieses Verfahren ist von sehr beschränkter Anwendung, weil die meisten Salze das Erhärten beeinträchtigen.

Als anwendbar haben sich besonders Eisen- und Manganvitriol zum Anrühren und saures chromsaures Kali zum Schleifen erwiesen. Auf diese Weise wird eine sehr billige dunkelbraune Färbung erzielt.

Um eine Marmorirung herzustellen, gießt man auf eine geölte Spiegelplatte verschieden gefärbte Cemente und rührt solche in geeigneter Weise durcheinander. —

Meistens beschränkt man sich auf Anstriche mit Oelfarbe oder stereochromatische Färbung, um den Zweck ohne die oben erwähnten Nachtheile zu reichen.

§. 160. Die stereochromatischen Anstriche sind ohne Zweifel die dauerhaftesten, aber ebenso wie Oelanstriche für viele Zwecke zu kostspielig, um in allgemeinere Verwendung zu kommen. Ganz billige, den stereochromatischen an Dauerhaftigkeit vollkommen gleiche Anstriche werden dadurch erlangt, daß den trockenen Farbkörpern ein gleiches Volumen feinst pulverisirten gerösteten Chalcedons (Feuersteins) beigemengt, diese Mischung mit dünner Kalkmilch angerührt, und auf die frischen Oberflächen der Cementarbeiten aufgetragen wird. Wenn der flüssigen Farbe etwas Wasserglas beigemengt wird, haftet der Anstrich noch besser. Das durchscheinend hellgraue Pulver des gerösteten Chalcedons hat eine so geringe Deckkraft, daß die Farben durch dessen Beimengung kaum verändert werden. Selbstredend dürfen nur ächte gegen Alkalien unempfindliche Mineralfarben hierzu verwendet werden. Der Widerstand dieser Anstriche gegen atmosphärische Einflüsse ist so vollständig, wie der des Cementgusses selbst, ein Abblättern findet nicht statt, dabei ist der Ton dieser Anstriche sehr angenehm durchscheinend und den ästhetischen Gesetzen der Architectur und Sculptur entsprechend. Wandflächen von schöner Wirkung erlangt man durch Auftragen einer Mischung von sehr fein pulverisirtem Marmor und Chalcedon zu gleichen Theilen, besonders wenn dieser Mischung etwas Chromoxydgrün zugesetzt wird, wodurch der Ton desselben schwach zur Geltung kommt. Der Anstrich muß stets kurz nach dem Abbinden des Cements aufgetragen und die Technik so gehandhabt werden, daß möglichst ein Anstrich genügt, um die gewünschte Farbe zu erreichen. Sollte dies nicht gelingen, so muß der zweite Anstrich mit der in verdünnter Wasserglaslösung vertheilten Farbe gemacht werden. Dabei muß die Arbeit während der ersten acht Tage nach Vollendung reichlich naß gehalten werden, um den Auftrag mit der Cementmasse auf das Innigste zu verbinden.

§. 161. Soll der aus Portland-Cement hergestellte Wandputz oder Estrich mit einem dauerhaften Oelfarbeanstrich versehen werden, so empfiehlt es sich — besonders an solchen Stellen wo der Cementputz oder Belag atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist — mehrmals (in 8 bis 14 tägigen Pausen) mit einer verdünnten Wasserglaslösung zu überstreichen. Durch diese wenig kostspielige Operation ist die Cementfläche auf die vorzüglichste Weise für einen Oelfarbeanstrich vorbereitet. Da das verdünnte Wasserglas bedeutend leichter, als

eine concentrirte Lösung von der Kohlensäure zerlegt wird, so ist es zu empfehlen, das 3 bis 4 fache Volumen Wasser zuzusetzen; bevor man aber mit dieser Lösung zum 2ten und 3ten male anstreicht, muß das Alkali mit reichlichem Wasser entfernt werden.

§. 162. Gewöhnlich wird zur Herstellung eines Oelfarbeanstrichs auf Cement die Oberfläche des Verputzes mit sehr verdünnter Salzsäure (besser ist Schwefelsäure) abgewaschen, um die häufig sich zeigenden Flecke zu entfernen und man glaubt, — nicht ohne Grund — nur dann erfolgreich die Arbeit ausführen zu können, wenn die ganze Verputzfläche eine gleichmäßige Farbe zeige. Diese hellen, von den Maurern mit „Salpeter" bezeichneten Flecken, bestehen häufig aus geringen Mengen freien kohlensauren Kalks, — namentlich in Folge nicht ganz gleichmäßiger Zertheilung und mangelhafter feinster Zerkleinerung des rohen Kalkmaterials — öfters aber auch aus den wirklichen Ausblähungen von salpetersauren Salzen der Mauer, die namentlich dann hervortreten, wenn der Verputz im Frühjahr auf die noch winterkalten Mauerwände aufgetragen wurde. Durch die Waschungen mit Säuren werden diese Ueberzüge mit kohlensaurem Kalk und Salzen entfernt und zugleich bei solchem Verputz, der mit zu geringem Sandzusatz hergestellt wurde und eine zu glatte Oberfläche bekommen hat eine feinkörnige Rauheit der Fläche bewirkt, auf welcher der Oelanstrich besser haftet.

§. 163. Paul Loeff*) empfiehlt zu diesem Zweck kohlensaures Amoniak. Wird der etwa 20 Tage alte Verputz mit einer Auflösung von ca. 100 Gramm dieses Salzes in 10 Liter kaltem, höchstens lauwarmen Wasser bestrichen, so erscheint die Fläche nach dem Abtrocknen in einer gleichmäßigen hellgrauen Farbe und soll nun zur Aufnahme eines Oelfarbenanstrichs sehr gut vorbereitet sein.

XXVII.

Von der Bereitung des Bétons (Grob- oder Grundmörtels).

§. 164. Durch den französischen Ausdruck Béton (englisch Concrete) bezeichnet man nichts anderes als ein Gemenge von hydraulischem Mörtel und zerschlagenen Steinen, welches die Eigenschaft hat,

*) P. Loeff, Entwürfe zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien. Leipzig, 1873. S. 99.

unter Wasser und an feuchten Orten zu einem förmlichen Conglomerate zu erhärten. Der Béton vertritt die Stelle des gewöhnlichen Mauerwerks 1) wo gewöhnliches Mauern nicht thunlich ist, z. B. unter dem Wasser; 2) wo größere Cohäsion oder Wasserdichtigkeit als die des gemeinen Mauerwerks erfordert wird, so z. B. bei Fundirungsbetten auf ungleichem Grund*) oder für ungleich belastende Bauwerke, bei Verkleidungen von Wasserbehältern u. s. w.; endlich, jedoch wohl selten 3) aus blos ökonomischen Rücksichten. Es ist klar, daß in jedem dieser Fälle auf die besondere Bestimmung des Bétons in seiner Zusammensetzung Rücksicht zu nehmen ist.

Was die Zusammensetzung des Bétons betrifft, so sind dabei manche Bedingungen zu berücksichtigen; der Mörtel muß die Eigenschaft haben, daß er unter Wasser erhärtet; die Steine müssen von der Größe sein, daß sie bei jeder zufälligen Schüttung eine möglichst geschlossene Lage annehmen, und endlich muß zwischen dem Mörtel und den Steinen das richtige Verhältniß gewählt sein, damit alle Fugen wirklich mit Mörtel gefüllt und dennoch die Steine in nicht zu großer Entfernung gehalten werden.

Bei der Wahl der Steine sehe man auf Härte, Zähigkeit, Rauheit des Bruchs und Scharfkantigkeit der Bruchstücke. Man zerschlage sie wie für die Chausseen in kleine Stücke von 4 bis 6 Centimeter größter Dimension; da sich sonst bei der gewöhnlichen specifischen Schwere der Materialien der Béton allzu leicht entmischt, indem die größern Fragmente an dem Fuß der aufgehäuften Bétonmasse sich ansammeln, während der Mörtel auf dem Gipfel liegen bleibt. Geschlagene Steine sind abgerundetem Flußkies und porösen Steinen von muscheligem oder sandigem Bruche vorzuziehen. Ein Haupterforderniß aber ist ihre Reinheit; schmutzige, staubige, wenn auch sonst noch so vortreffliche Steine sind durchaus unbrauchbar, da sie sich nur höchst unvollkommen mit Mörtel verbinden. Die Steine müssen vor ihrem Gebrauch in das Wasser getaucht werden, einmal, damit sie gereinigt werden, und sodann, damit sie dem Mörtel nicht so schnell seine Feuchtigkeit entziehen und dadurch seine vollständige Erhärtung beeinträchtigen.

Ueber den hydraulischen Mörtel wurde früher das Erforderliche mitgetheilt, hier ist nur zu bemerken, daß zu einem Theil Kalk in

*) Durch Anwendung des Bétons kann man eine künstliche Grundlage herstellen, die dichter und weniger preßbar ist, als der gewachsene härteste Boden; eine Lage, die durch ihren starken Zusammenhang den besten Schwell- oder Pfahlrost vertritt.

der Regel 2—3 Theile Sand kommen. — Um das Mischungsverhältniß zwischen den Steinen und dem Mörtel zu bestimmen, ermittelt man die wirkliche Größe des Cubikinhaltes der Zwischenräume zwischen den Steinen; zu diesem Zweck füllt man einen großen wasserdichten Kasten, dessen kubischen Inhalt man kennt, mit den benetzten Steinstücken an und beobachtet, wie viel Wasser man hineingießen kann, bis dasselbe den Rand des Gefäßes erreicht. Die beobachtete Wassermenge giebt die nöthige Mörtelmenge an. Da indeß in dem fertigen Béton die Steine durch den Mörtel verhindert werden, eine ebenso dichte Lage anzunehmen wie in dem Kasten, so sind die Zwischenräume bedeutend größer und man muß deshalb einen Zuschlag von Mörtel geben. Bei zerschlagenen Steinen, wo der Inhalt der Zwischenräume durchschnittlich 0,47 ist, muß man etwa 0,59 oder 0,60 Mörtel rechnen, um einen guten Béton zu erhalten. Die Mischungsverhältnisse werden am besten durch directe Versuche bestimmt.

§. 165. Nachstehend einige Zusammensetzungen von Béton:

Bei dem Bau der Offenburger Kinzigbrücke nahm man:

3	Theile	schwach hydraul. Kalk, sodann	3	Theile	Kalk,
2	„	Traß	1	„	Traß,
7	„	Sand	5	„	Sand,
14	„	zerschlagene Steine	16	„	Schotter.

Diese 25 Theile gaben 18 Theile Béton.

Bei dem Rheinbrückenbau zu Kehl hielt man von den vielen Versuchen zur Fabrikation des Bétons folgende Mischung fest:

0,265 Raumtheile Cement von Sentheim,
0,390 Rheinsand,
0,745 Rheinschotter,
1,400

Man erhielt davon nur einen Cubikmeter Béton, der augenblicklich haftet, an der Luft in 30 Minuten zu Stein erhärtet und in hölzernen Formen schon nach 10 Minuten künstliche Quadern von den reinsten Kanten lieferte.

Bei dem Bau der Brücke zu Morboué nahm man:

6 Theile hydraulischen Kalk,
12 „ Sand,
11 „ Kieselsteine,
4,75 „ Wasser,

und erhielt 15,5 Theile Mörtel und 23,5 Theile Béton.

Diese 23,5 Theile Béton gingen durch das Versenken mittelst kleiner Kasten in 19 Theile zusammen.

In London nimmt man zu 100 Cub.-Fuß Béton 96 Cub.-Fuß Geschiebe, 48 Cub.-Fuß Sand, 12 $^1/_2$ Cub.-Fuß Kalk und 16 Cub.-Fuß Wasser.

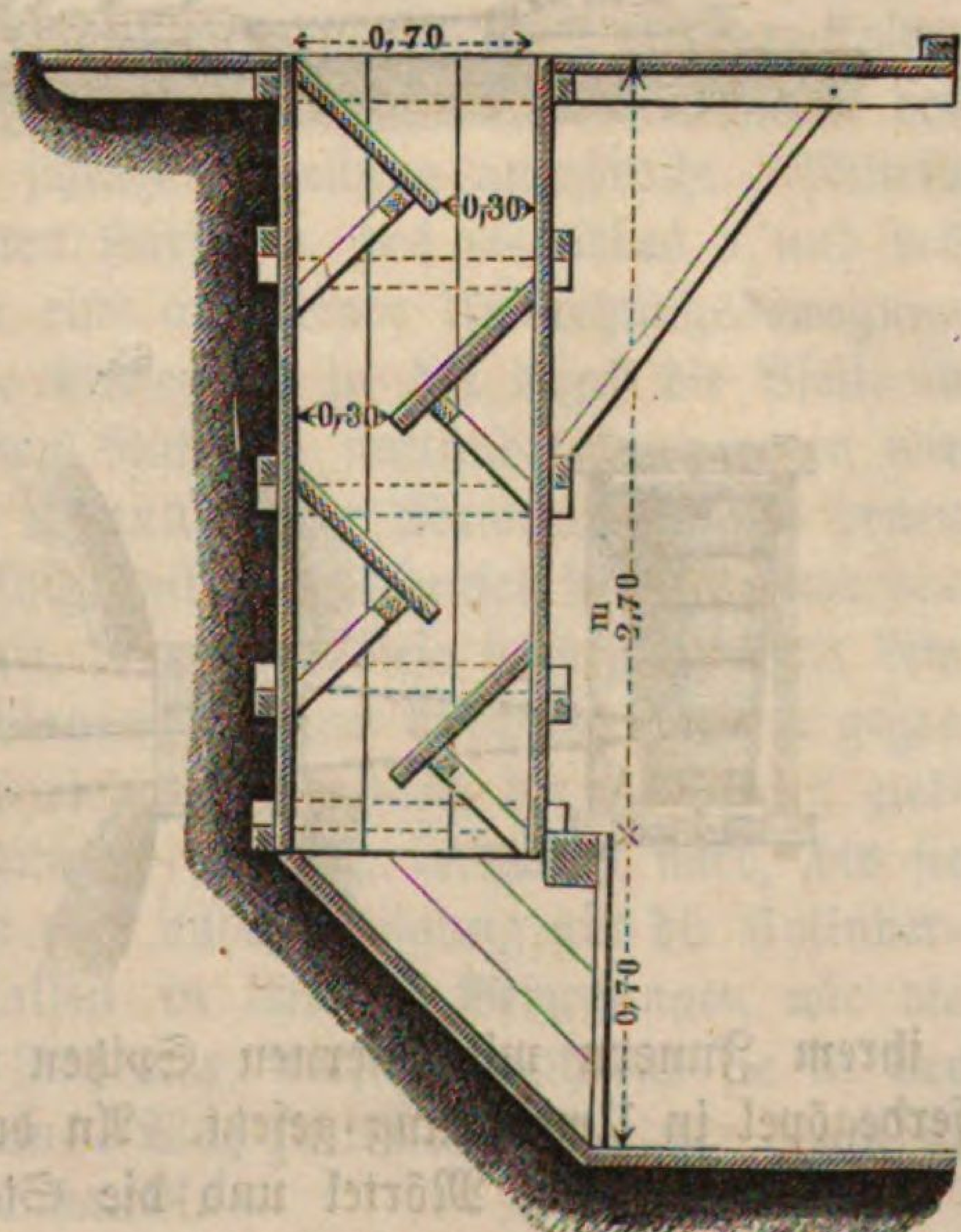
Bei den größern Staatsbauten in Frankreich nimmt man zu 1 Cub.-Meter Béton:

	Cub.-Meter	
Gelöschter Kalk	0,19	0,58
Sand und Puzzolane	0,39	
gemahlener Mörtel	0,48	1,21
geschlagene Steine	0,73	
Béton (in den Versenkkisten gemessen)	1,00	

Bei der Bereitung des Bétons wird unter einem Wetterdach oder Schuppen zuerst der hydraulische Mörtel entweder in Mörtelpfannen mit Hülfe der Schaufel und Krücke bereitet, oder bei großem Bedarf, indem man sich der Thon- oder Göpelmühle Figg. 47—49. und 50 u. 51. bedient.

§. 166. Das Durcheinanderarbeiten des Mörtels und der Steine geschieht in der Regel ebenfalls in Mörtelpfannen und muß so lange fortgesetzt werden, bis alle Steine mit Mörtel umhüllt sind und die Masse eine durchaus gleiche Farbe zeigt. Die Mengung der Bestandtheile des Bétons wird auch noch auf andere Arten bewerkstelligt. In Frankreich bedient man sich sehr häufig eines sog. Schlotes (Fig. 63.), der zum ersten Mal von B. Krantz bei dem Hafenbau von Algier angewandt wurde; es ist dies ein aus Brettern gefertigter senkrechter oder wenig geneigter Schlauch, in welchem in verschiedener Höhe gegeneinander vier ebenfalls aus Brettern hergestellte schiefe Ebenen angebracht sind, um die von oben eingefüllten Steine und Mörtel, indem sie durch den Schlot heruntersinken, untereinander zu bringen. Sie erfüllen diesen Zweck

Fig. 63.



so vollkommen, daß der unten herausgezogene Béton in Hinsicht auf Mengung bei einiger Aufmerksamkeit im Einfüllen nichts zu wünschen übrig läßt. Die Steine und der Mörtel werden in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältniß (etwa von 3 : 2) in paarweise auffahrenden (ungleich großen) Schiebkarren an die obere Mündung geschafft, an dem Rand derselben ausgeschüttet und von 2 Arbeitern gleichzeitig in den stets vollgehaltenen Schlot geschaufelt. Sehr zweckmäßig ist es, wenn die Steinkarren dabei einen rostartigen aus Latten oder Eisenstängchen zusammengesetzten Boden haben, der allen etwaigen Unrath durchfallen läßt; auch ist es sehr gut, wenn sie vor ihrer Entleerung mit einem oder zwei Kübeln Wasser beschüttet werden, eine Vorsicht, die bei trocknem Wetter in allen Fällen zu empfehlen ist.

§. 167. Ein anderer Mengungsapparat, welcher bei den Festungsbauten in Paris angewendet wurde, ist durch die Figg. 64. und 65. veranschaulicht. Eine etwas konische hölzerne Tonne ist an eine eiserne Achse befestigt, welche horizontal auf zwei Lagern ruht. Diese Tonne,

Fig. 64.

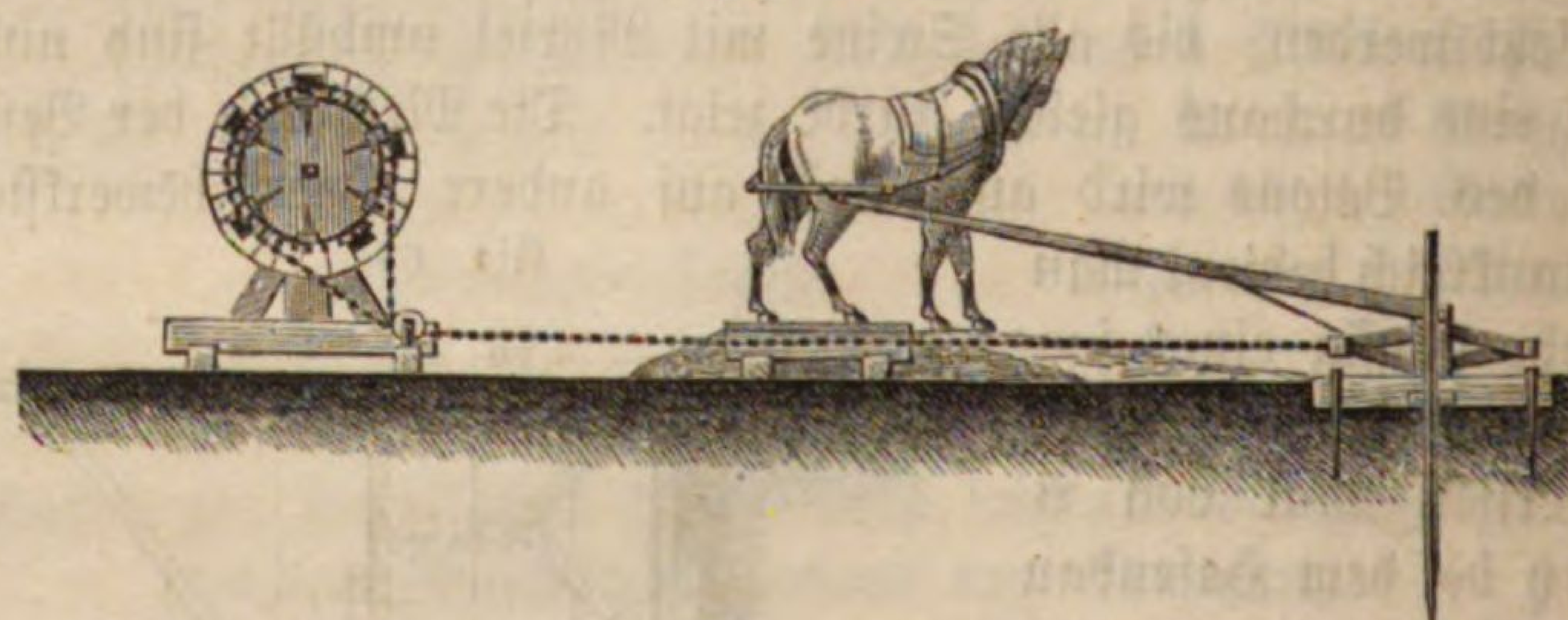
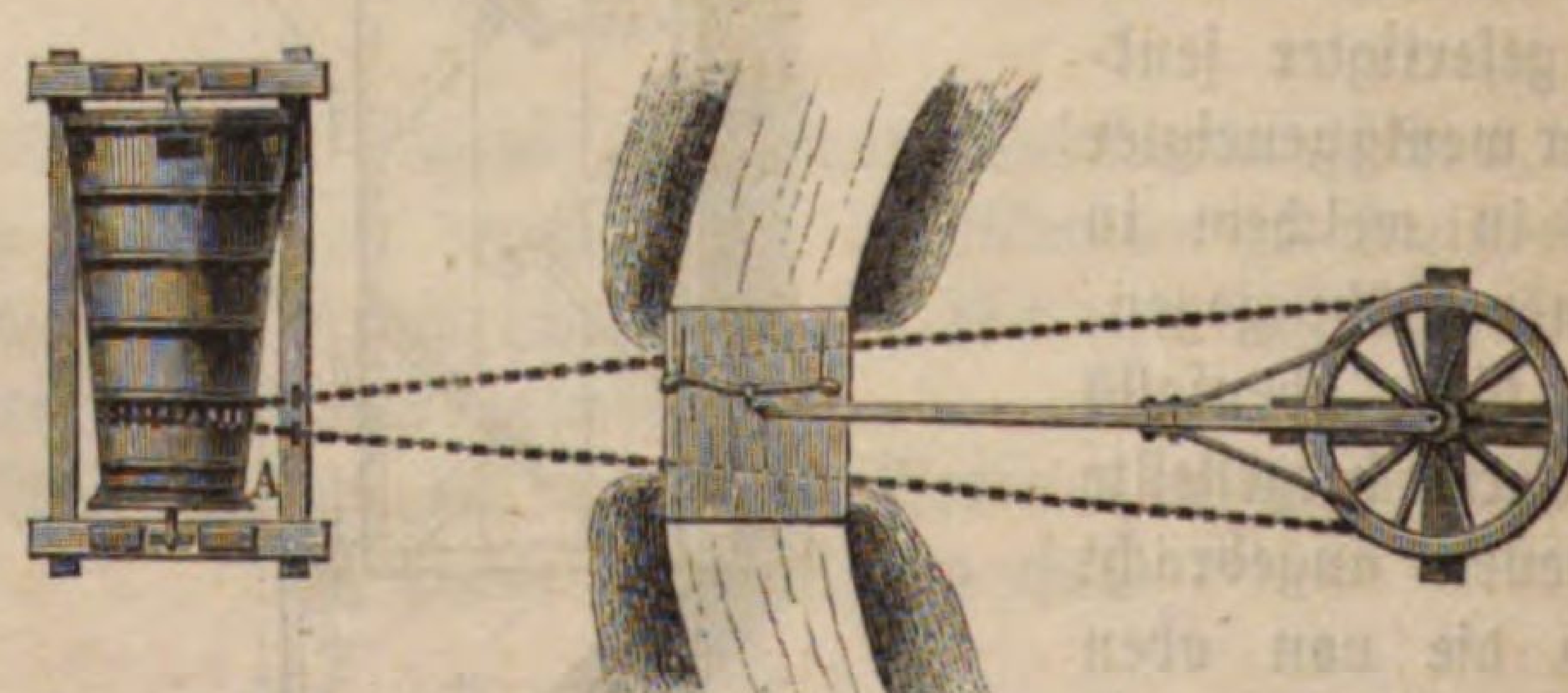


Fig. 65.



in ihrem Innern mit eisernen Spitzen versehen, wird durch einen Pferdegöpel in Umdrehung gesetzt. An dem weitern Ende der Tonne ist ein Boden. Der Mörtel und die Steine werden an der Mündung A der Tonne eingesetzt und durch das Drehen derselben ver-

mengt; nach fertiger Vermengung wird der Béton durch die über dem Boden angebrachten verschließbaren Oeffnungen herausgelassen.

Ein sehr einfaches Verfahren der Mengung der Bestandtheile des Béton ist endlich das Hin- und Herziehen der Masse auf einem ebenen Bretterboden mit Hülfe von Schaufeln und Krücken oder Mörtelhacken; man bildet zuerst ein Lager von Mörtel, etwa für einen Cub.-Meter Béton; über dieses Lager spreitet man die nöthige Menge Steine und wirft den Haufen mit der Schaufel auf, breitet ihn sodann mit der Hacke wieder aus, wirft ihn wieder auf und so fort, bis die Mischung vollendet ist.

§. 168. Der Constructeur Lepaitre in Paris hat eine neue Bétonmaschine hergestellt, welche sowohl in ökonomischer Beziehung wie auch rücksichtlich einer guten Vermischung der Materialien vortreffliche Resultate geliefert hat. Sie ist in Fig. 66. einem senkrechten Durchschnitt nach der Achse des Cylinders, Fig. 67. und 68. zwei Endansichten dargestellt, besteht aus einem hohlen Blechcylinder A, der an beiden Seiten offen ist und durch den eine Achse E geht, deren Enden außerhalb des Cylinders in Lagern F ruhen, welche ihrerseits an Querhölzern befestigt sind, die einen Theil des Gerüstes ausmachen, das den ganzen Apparat umschließt und ihn trägt.

Der Cylinder und seine Achse sind durch die Stäbe f f, die auf einem Ende der Welle befestigt und am andern Ende mit dem Cylinder verbolzt sind, miteinander vereinigt. An der innern Fläche des Cylinders sind Schaufeln in schräger Stellung angebracht. Mittelst einer an der Welle b befestigten Kurbel a, des Getriebes d und des Rades D kann dem Cylinder eine anhaltende Umdrehungsbewegung mitgetheilt werden. Da diese Bewegung in der durch die Pfeile in Figg. 67 und 68 angegebenen Richtung stattfindet, und wenn wir annehmen, daß eine gewisse Quantität der Materialien, aus denen der Béton gemacht werden soll, mit der Schaufel in das Ende des Cylinders bei t geworfen wird, so werden diese nach einem mit dem Cylinder gemeinschaftlich durchlaufenen Bogen durch die Schwere gegen die untere Erzeugungslinie getrieben, was durch die gleichzeitig gleitenden und rollenden Bewegungen so lange fortgesetzt wird, bis sie an die Schaufel s stoßen, die eine andere Neigung als die Cylinderwand hat, und die Materialien in ähnliche Bewegungen wie die vorigen, jedoch in anderer Richtung, versetzt, während sie in der Richtung der Cylinderachse einen Weg zurücklegen, welcher gleich ist der Projection der schrägen Schaufel.

Wenn die Materialien diese Schaufel verlassen haben, so nehmen

sie dieselbe Bewegung an, die wir am Anfange vorausgesetzt, und nachdem sie einen Bogen u v (Fig. 67. und 68.) zurückgelegt, stoßen sie auf eine neue Schaufel o, welche wie die früheren s die Masse um eine ihrer Projection gleiche Länge vorschiebt. Bei Fortsetzung derselben Bewegung wird die Mischung nothwendigerweise durch die Schaufeln s, o, r, n, q, m und p zu dem Ausgange des Cylinders geführt, worauf der Béton entweder auf einem dazu hergerichteten Boden, oder in Karren und Eimer oder endlich auf seinen Bestimmungsort fällt.

Was die für die Umdrehung des Cylinders erforderliche Kraft betrifft, so kann ein Mann ohne Anstrengung die Kurbel den ganzen Tag drehen. Gewöhnlich werden mit diesem Apparate in einem Arbeitstage von 10 Stunden 70 Cub.-Meter Béton erzeugt, wenn die Materialien mit der Schaufel in den Cylinder geworfen werden. Bei dem Bau des neuen Opernhauses in Paris hat man mit einer solchen Maschine bis 10 Cub.-Meter Béton per Stunde angefertigt, doch ist es schwierig, eine solche Fabrikation fortzusetzen, da es an Platz gebricht, um Arbeiter genug zum Einschütten der Materialien in den Cylinder anzustellen.

Die Mischung des Bétons erfolgt bei dieser Maschine sehr vollkommen, weil die Arbeiter die Materialien nicht mehr in Masse vorschieben können, wie bei den frühern und namentlich den senkrechten Bétonmaschinen, wo dieselben oft an dem untern Ende der Maschine nicht gehörig gemischt ankamen; bei der beschriebenen horizontalen

Fig. 66.

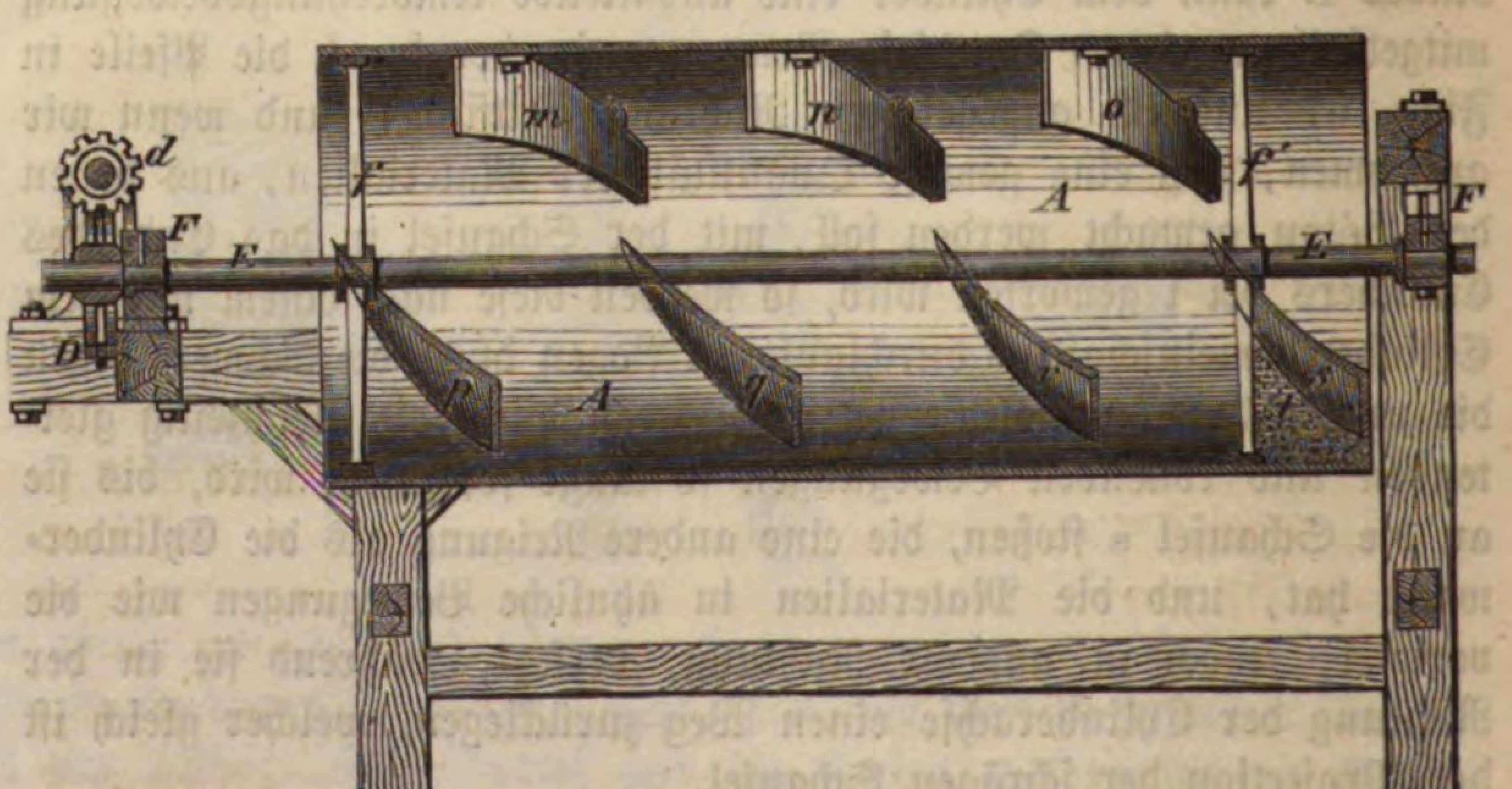


Fig. 67.

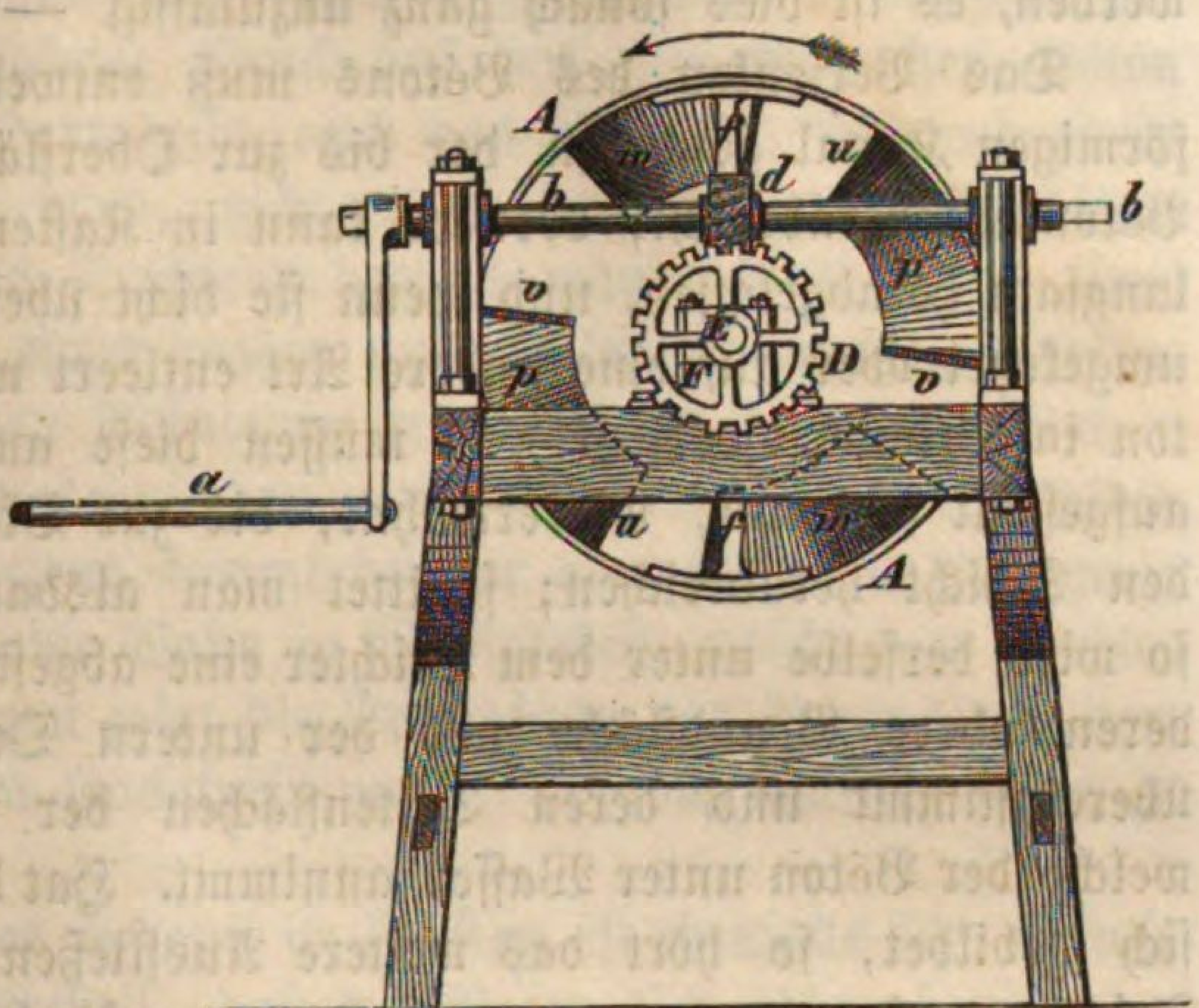
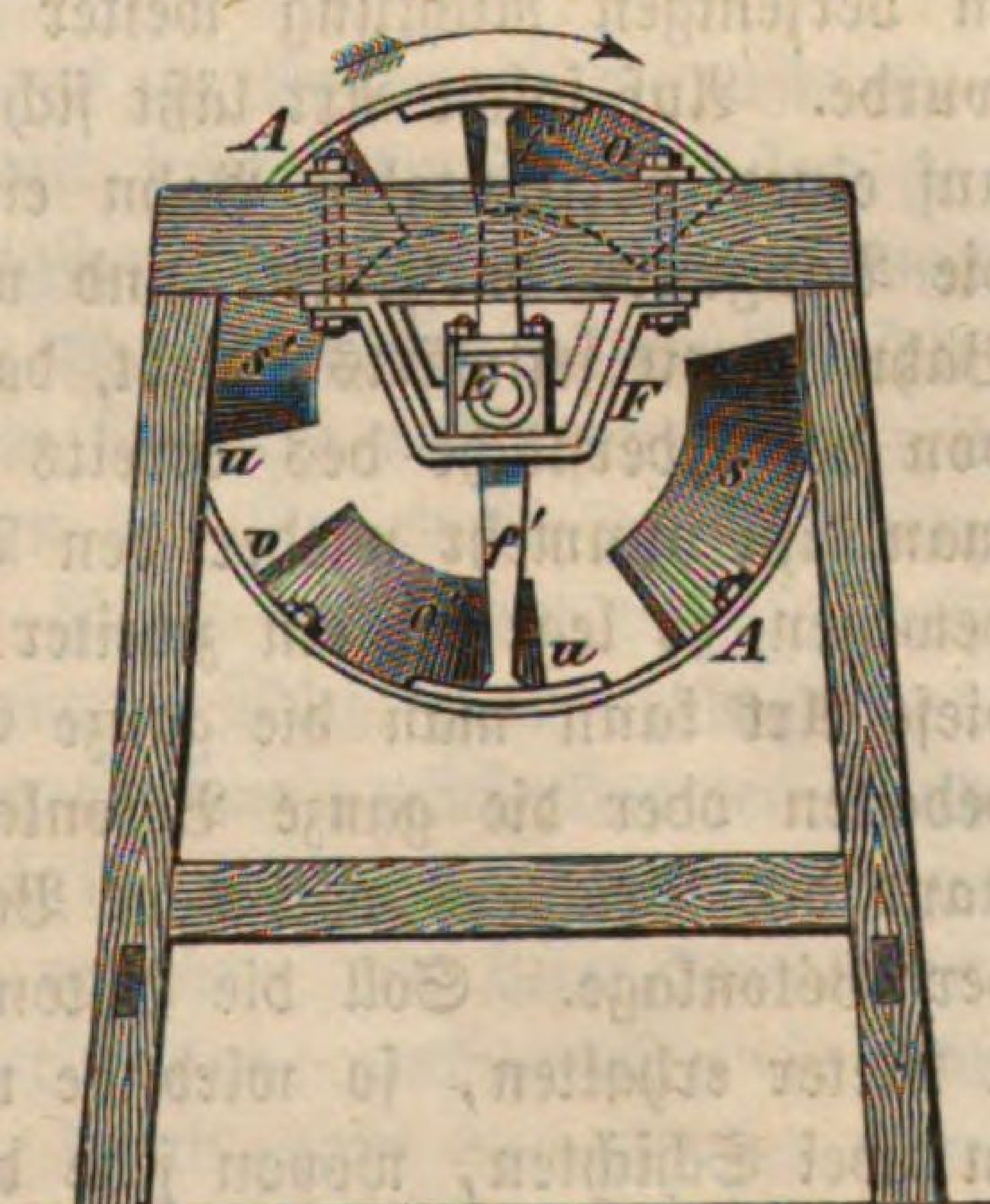


Fig. 68.



Bétonmaschine sind im Gegentheil die Arbeiter genöthigt, die Materialien schaufelweise einzuwerfen, was schon einen Anfang der Vermischung bewirkt.

Die Zahl der zum Einwerfen der Materialien verwendeten Arbeiter ist bei der horizontalen Maschine dieselbe als bei der senkrechten, indessen sind sie gezwungen, mit der Schaufel eine bessere Arbeit zu liefern, als bei dem Vorschieben in Masse, was bei der senkrechten Maschine schwer zu verhindern ist. Die Kosten der Triebkraft betragen, wenn 1 Mann 70 Cub.-Meter Mörtel anfertigt, per Cub.-Meter nur circa 5 Centimes.

§. 169. Nachdem der Béton gemengt ist, so kommt es darauf an, ihn auf die Sohle der Baugrube zu versenken. Eine wesentliche Bedingung dabei ist die, daß der noch weiche Béton *möglichst wenig mit dem Wasser in Berührung kommen und noch weniger von einem heftigen Strom getroffen werden soll*, denn ein solcher würde die Kalktheilchen des Mörtels ausspülen und sonach ein späteres Erhärten der Masse unmöglich machen. Diese Bedingung erfordert vor Allem ein ruhiges Wasser über der Baugrube, weshalb dieselbe, wenn sie nicht schon von einem Fangdamm umgeben ist, durch eine leichte Wand, welche wenigstens das heftige Durchströmen des Wassers verhindert, geschützt sein muß. Würde man den Béton durch

das Wasser frei herabfallen lassen, so würde er ebenfalls ausgespült werden, es ist dies sonach ganz unzulässig. —

Das Versenken des Bétons muß entweder mit einem trichterförmigen Kanal geschehen, der bis zur Oberfläche der darzustellenden Bétonlage herabreicht; oder es kann in Kasten bewirkt werden, die langsam herabgelassen, und wenn sie dicht über dem Boden schweben, umgekehrt oder auf eine andere Art entleert werden. Wird der Béton in Trichtern versenkt, so müssen diese auf einer festen Rüstung aufgestellt sein und, wie erwähnt, bis zur Oberfläche der zu bildenden Schicht herabreichen; schüttet man alsdann den Béton hinein, so wird derselbe unter dem Trichter eine abgestutzte Pyramide bilden; deren obere Grundfläche mit der untern Oeffnung des Trichters übereinstimmt und deren Seitenflächen der Böschung entsprechen, welche der Béton unter Wasser annimmt. Hat der so begrenzte Körper sich gebildet, so hört das weitere Ausfließen des Bétons aus dem Trichter auf und nur wenn letzterer verschoben wird, so stellt sich auf's Neue eine Anschüttung dar und dehnt den pyramidalen Körper in derjenigen Richtung weiter aus, wohin der Trichter verschoben wurde. Auf solche Art läßt sich durch das Fortfahren des Trichters auf einer horizontalen Bahn ein ganzer Streifen Béton quer über die Baugrube darstellen, und wenn man hierauf wieder die ganze Bahn soweit seitwärts schiebt, daß die untere Mündung des Trichters von der Oberfläche des bereits dargestellten Streifens vortritt, und man läßt nunmehr wieder den Trichter langsam sich über die Bahn bewegen, so legt sich ein zweiter Streifen neben den ersten, und auf diese Art kann man die ganze Sohle der Baugrube nach und nach bedecken oder die ganze Bétonlage regelmäßig darstellen. Der Abstand des Trichters von dem Boden der Baugrube giebt die Stärke der Bétonlage. Soll die Bétonlage eine größere Stärke als 1 und 2 Meter erhalten, so wird sie nicht auf einmal dargestellt, sondern in zwei Schichten, wovon jede die halbe Stärke hat. Dabei müssen die obern Schichten so angeordnet werden, daß eine Art von Verband stattfindet. Hat die Baugrube keine größere Breite als 10 Meter, so kann man leicht zu beiden Seiten derselben, und zwar ihrer Länge nach, Pfähle einrammen und darauf eine horizontale Bahn legen; der Trichter ruht auf einem Wagen und läßt sich auf diesem ebenfalls hin- und herbewegen.

Ist die Breite der Baugrube so bedeutend, daß die Wagen, worauf die Trichter gehen, sich nicht mehr gegen ein starkes Einbiegen sichern lassen, so muß man entweder den Trichter auf Fahrzeuge legen oder zur Versenkung des Bétons mit Bétonkasten seine Zuflucht nehmen.

Bei den Trichtern ist noch zu bemerken, daß sie immer bis über die Oberfläche des Wassers mit Béton angefüllt bleiben müssen, damit einestheils der gehörige Druck auf den eben versenkten Béton ausgeübt wird und anderntheils auch das Material, während es in die Trichter geschüttet wird, nicht durch das Wasser hindurchfällt. Zur ersten Füllung des Trichters bedient man sich entweder einer einfachen Rutsche oder eines engern aus Dielen zusammengenagelten Kanals. An der untern Mündung des Trichters sind zwei Walzen angebracht, diese dienen dazu, den versenkten Béton zu comprimiren und zu ebenen, und zwar kommt bei der abwechselnden Bewegung des Trichters jedesmal die Walze in Wirksamkeit, welche dem Trichter folgt. — Im Allgemeinen zeigt die Versenkung des Bétons mit dem Trichter keine besondern Nachtheile und ist für die meisten Fälle zu empfehlen.

Die Versenkung des Bétons in Kasten ist ebenfalls sehr einfach, allein sie hat den Nachtheil, daß der Béton sich nicht eben in der Baugrube ablagert, sondern mit eigenen Vorrichtungen wieder abgeglichen werden muß.*)

§. 170. Bei Versenken des Bétons in Kasten ist die erste Bedingung die richtige Stellung des (mit luftdichten Fässern flott gemachten) Arbeitfloßes. Am zweckmäßigsten verfährt man, wenn man den Arbeitsfloß behufs der Steuerung an zwei unter rechten Winkeln über die Baugrube gespannten Seilen befestigt und dann, um mit dem Bétonschütten in einer der Ecken der Baugrube zu beginnen, reihenweise vorwärts rückt und eine Stelle nicht eher verläßt, als bis die Bétonschicht ihre vorgeschriebene Mächtigkeit erlangt hat. Um möglichst bald an die verlassenen Stellen zurückzukommen, sind die Reihen nach der Breite, nicht nach der Länge der Gruben anzulegen. Die Kasten sind mit Löchern versehen, um beim Eintauchen dem Wasser von unten Eintritt zu verschaffen; auch müssen sie von oben langsam niedergelassen werden, damit nicht das Wasser über ihnen mit Gewalt zusammenschlägt und den Mörtel ausspült. Eine weitere wesentliche Vorsicht ist, den auf den Grund gelassenen Kasten in derjenigen Richtung umzuwenden, daß beim Ueberschlagen ihre obere Mündung sich gegen den bereits liegenden Béton kehrt, weil sonst der herausfallende Béton über die Böschung des an Ort und Stelle liegenden ältern hinuntergleitet und sich gleichfalls verwäscht.

---

*) M. Becker, allgem. Baukunde des Ingenieurs. Stuttgart 1853. S. 46—50 u. S. 229—230. 3. Aufl. 1865. S. 49—52 u. S. 306—309.

— Welche Vorsicht man aber auch nehmen mag, immer geschieht es, daß sich ein Theil des im Mörtel enthaltenen Kalkes ausspült und im Wasser suspendirt, welches, wenn es in der Baugrube stagnirt, sich bald mehr oder weniger milchweiß trübt, und sofort einen dünnen feinen, hefenartigen Niederschlag absetzt, der niemals erhärtet und, wo er sich mit dem Béton mengt, auch das Erhärten des letztern verhindert und namentlich seine spätere Wasserdichtigkeit im höchsten Grade auf das Spiel setzt. Schon mehr als eine Bétongründung ist mißglückt, weil man die schädliche Wirkung dieses Niederschlags zu bekämpfen versäumte. Es ist deshalb wesentlich, mit großer Regelmäßigkeit zu verfahren und gegen Mitte und Ende der Operation hauptsächlich an denjenigen Orten, wo die Form der Baugrube das Entweichen der Hefe unter dem Gewicht des ausgeschütteten Bétons nicht gestattet, dieselbe mit Handbaggern und an Stangen befestigten leinenen Netzen fortwährend zu entfernen.

Die zum Einsenken der Kasten erforderliche Mannschaft besteht gewöhnlich aus 2 Versenkern und 5 oder 6 Arbeitern an den Kurbeln der Versenkwelle, könnte aber mittelst eines an der letztern anzubringenden Bremserades wohl auf die Hälfte verringert werden. — Wird der Béton, wie dies im Allgemeinen zuläſſig und räthlich scheint, im Accord fabricirt, so wird die Abrechnung am besten auf die Zahl der eingesenkten Kasten gegründet.

Kann der Béton außerhalb des Wassers verwendet werden, so vereinfacht und erleichtert dies natürlich die Operation bedeutend, aber ein großer, wiewohl schon mehrfach begangener Fehler wäre es, dieselbe durch theilweises Ausschöpfen der Baugrube erleichtern zu wollen. Kann letztere nicht vollständig trocken gelegt werden, so ist es, wenn schon einmal Wasser geschöpft werden will, — so sehr dies auch parador erscheinen mag — viel klüger gehandelt, Wasser in die Grube hinein- als solches herauszuschöpfen, denn während man im ersten Fall hoffen kann, etwaige natürliche Quellen zu ersticken, ist man im letztern nahezu gewiß, daß man solche künstlich hervorruft. Und welch' höchst verderblichen Einfluß Grundwasser auf frischen Béton ausüben muß, ist in die Augen springend.*)

Bei dem Baue der großen Ill-Schleuße bei Straßburg wurde auf folgende Art verfahren: Eine leichte Rüstung mit einer horizontalen Winde wurde über die rechteckige Oeffnung eines Floßes ge-

*) W. Nördlinger, über Bétonbereitung in der Eisenbahnzeitung 1847. Nr. 14.

stellt, mit dieser Winde konnte ein Kasten herabgelassen werden, der jedesmal mit einem Zehntel Cub.-Meter Béton angefüllt war. Nach dieser Füllung wurden die beiden untergelegten Walzen, welche bisher den Kasten trugen, herausgezogen und der letztere soweit langsam herabgelassen, bis er auf der Sohle der Baugrube, oder auf dem schon früher versenkten Béton aufsaß. Nunmehr drehte man die Winde um 90 Grad rückwärts, damit Raum genug vorhanden war, um den Kasten um seine Achse drehen und somit ausleeren zu können. Dieses Drehen geschah mit einer dünnen Leine. Bei der nächsten Versenkung wurde die Welle um die Länge des Kastens verschoben und es bildete sich sonach unter der Oeffnung im Floße ein ähnlicher Streifen wie bei der Anwendung des Bétontrichters. Jedesmal nach Beendigung eines Streifens wurde der Floß verfahren, ein weiterer Streifen versenkt und somit nach und nach eine Schicht gebildet.

§. 171. Bei Versenkung kleiner Bétonmassen und bei weniger beträchtlichen Wassertiefen lohnt es sich nicht immer, einen Trichter anzufertigen und dafür eine Laufbahn zu construiren. Hier kann man den Béton auf geneigten Pritschen in die Baugrube mittelst hölzernen Krücken herabschieben. Ist der Béton an dem Fuße der Pritsche angekommen und hat die Lage ihre gehörige Stärke, so schiebt man die erstere sanft zurück und läßt immer neue Bétonmassen nachrutschen. Die Abebenung des Béton geschieht mit Krücken und flachen Stampfern.

Bei der Isère-Brücke, unweit Grenoble, hat Toni Fontenay eine billige Methode der Bétonschüttung angewendet. Unter einem Pfeiler mußte der Béton 5 Meter stark geschüttet werden. Die Baustelle wurde mit eingerammten Pfählen umgeben, gegen welche Bretterwände gelehnt. Auf einem, 45 Grad geneigt, in die Baugrube gestellten Brettergerüste wurde der Béton karrenweise eingeschüttet. Als die Schüttung an dem einen Ende der Grube über Wasser trat, wurde die schräge Böschung dieser ersten Bétonschicht an Stelle jenes Gerüstes zum Hinunterschieben benutzt. Dabei wurde so rasch geschüttet, daß zusammenhängende Massen entstanden. Die Schüttung ist vollkommen ausgefallen, das Wasser wurde kaum vom Béton getrübt. —

Schließlich muß noch erwähnt werden, daß sowohl bei Versenkung des Bétons mit Trichter wie mit Kasten manche Stellen in einer Baugrube entweder gar nicht erreicht werden können, oder einige Vertiefungen in der Oberfläche des Bétons bleiben; diese Stellen

müssen nachträglich ausgefüllt werden, wozu man sich gewöhnlich der sogenannten Hand-Bétonpfannen bedient; dies sind aus Eisenblech angefertigte Kästchen, welche mit einer hölzernen Stange herabgelassen und, auf dem Béton angelangt, durch Anziehen einer dünnen Leine ausgeleert werden. —

§. 172. Bei Brücken-, Hafen- und Schleußen-Bauten, überhaupt bei Gründungen unter Wasser, ist Béton ein unschätzbares Material. Es mag ein Grund, worauf gebaut werden soll, irgend wie beschaffen sein, so braucht man dadurch nicht verlegen zu werden. Durch Anwendung des Bétons kann man eine künstliche Grundlage herstellen, die dichter und weniger preßbar ist, als der gewachsene härteste Boden; eine Lage, die durch ihren starken Zusammenhang den besten Schwell- oder Pfahlrost vertritt; der Béton wird deshalb bei Wasserbauten in neuerer Zeit allerwärts mit Erfolg verwendet.

In England ging man so weit, ganze Mauern, welche an die See stoßen, aus Béton (Concrete) herzustellen.

Architect Th. Cooper aus Brighton machte den Vorschlag, die ganze Mauer der östlichen Klippe zu Brighton aus Concrete in einzelnen Theilen zu gießen, und zwar in derselben Weise, wie der Pisébau in Frankreich seit undenklichen Zeiten ausgeführt wird. Hierauf folgte Ranger, der in zerlegbaren hölzernen Formen gewöhnliche Mauersteine und auch größere Blöcke aus Concrete machte. Der Admiralitäts-Architect Taylor hatte ferner den Gedanken, die größten Kais- und Schiffswerftmauern aus den künstlichen Steinen nach Ranger's Methode aufbauen zu wollen. Er führte seine Idee aus, nur daß er, was unerläßlich war, die der See ausgesetzte Seite seiner Mauern in den Docks mit Granit bedeckte und schützte.

Nach allen Erfahrungen kommt man übrigens zu dem Schlusse, daß Béton oder Concrete wohl zu Grundmauern ein vorzügliches Baumaterial ist, daß er aber für alle Frontmauern, die der Wirkung des Wassers, der Ebbe und Fluth ausgesetzt sind, verworfen werden muß. —

§. 173. Den verdichteten Béton (Bétons agglomérés) erzeugt man nach dem Verfahren von Fr. Coignet in St. Denis bei Paris als eine sehr feste plastische Masse oder als teigartiges Pulver, das man in dünnen Schichten in hölzerne Formen gießt und dann durch Stöße von einem harten und schweren Körper einem kräftigen Drucke aussetzt. Die Formen sind aus beweglichen Wänden gebildet, die mittelst äußerer eiserner Stangen, deren Enden mit Schrauben und Schraubenmuttern versehen sind, miteinander verbunden werden.

Jede Form wird nach ihrem Füllen auseinandergenommen und an einer andern Stelle wieder zusammengesetzt, denn der auf diese Weise angefertigte Béton ist so fest, daß er die angenommene Form beibehält. Nach Verlauf einer gewissen Zeit, je nach der Temperatur von einem bis zu drei Tagen, hat die Masse die Festigkeit des Steins angenommen und ist im Stande, allen Witterungseinflüssen Trotz zu bieten. Die Widerstandsfähigkeit dieses Bétons gegen das Herausreißen beträgt je nach seiner Composition mindestens 10 bis 20 Kilogr. per Quadratcentimeter; die rückwirkende Festigkeit kann nach den officiellen Versuchen, welche im Pariser Conservatoire des arts et métiers gemacht wurden, mehr als 500 Kilogr. per Quadratcentimeter erreichen.

Diese Widerstandsfähigkeit, welche viel größer ist als bei den gewöhnlichen Bétons, hat ihre Ursache in den eigenthümlichen Fabrikationsweisen, bei denen die Verhältnisse des Wassers und des Kalkes, welche in der Regel nothwendig sind, um auf praktische Art die Mischung der den Béton bildenden Massen zu bewirken, wesentlich modificirt worden. In der That haben die jetzigen Methoden bei dem Zerstoßen des Bétons die Folge, daß eine viel größere Wassermenge verwendet wird, als zur Sättigung des Kalks wirklich nothwendig wäre, und da diese größere Wassermenge von dem letztern nicht absorbirt werden kann, so setzt sie sich zwischen die Molecüle des Bétons, macht ihn unpreßbar und veranlaßt durch ihre Verdunstung leere Räume, die sich bei Regengüssen anfüllen und nach und nach die Trennung der Bestandtheile der Masse verursachen. Außerdem sind diese Methoden von der Art, daß sie einen größern Gebrauch von Kalk erheischen, weil es sonst unmöglich wäre, die Mischung des Kalkes und des Sandes auf praktische Weise zu bewirken. Nun kann aber keine größere Kalkmasse im Béton vorhanden sein, ohne daß der letztere von seinen wesentlichen Eigenschaften verliert, woher es denn auch kommt, daß ein vorher weicher, poröser und unter der Stampfe nachgebender Béton sich zusammenzieht und beim Binden und Trocknen Risse erhält.

Die Qualität des Bétons und des daraus hergestellten Mauerwerks hängt natürlicherweise von der Güte der verwendeten Stoffe und deren Mischungsverhältnissen ab. Besonders ist die gute Beschaffenheit des Sandes und Kalkes, dann die Vermeidung jeden Ueberschusses von Kalk und vor Allem von Wasser maaßgebend.

Aus 8 Theilen Lehmerde und 1 Theil Kalk erhält man schon ein ziemlich gutes Gußmauerwerk; mit 9 Theilen Fluß- oder Gruben-

sand, 1 Theil Ziegelmehl (und nicht absorbirtem Stein), 1 Theil Kalkteig ein für Zwecke des Hochbaues genügendes Mauerwerk.

Handelt es sich um Wasserbauten, so werden zu 7 Theilen Sand 1 Theil Ziegelmehl (und absorbirtem Stein) und 1 Theil Kalk beigesetzt, und soll das Mauerwerk von besonderer Härte sein, so wird $^1/_{36}$ des ganzen Volumens von hydraulischem Cement beigesetzt. Wird letzterer Beisatz auf $^1/_{15}$ vermehrt, so wird bei obiger Zusammensetzung die nöthige Härte für Trottoirs erreicht.

Das Zerstoßen dieses Bétons wird in zwei Operationen bewirkt; bei der ersten schüttet man allen Kalk, alle Puzzolane oder Cement und blos einen oder zwei Theile Sand, damit beträchtlich mehr Kalk als Sand vorhanden sei, in eine Mörtelmaschine und befeuchtet vollständig; bei der zweiten Operation mischt man den durch das erste Mahlen erhaltenen Mörtel mit dem Rest des Sandes. Nach dem zweiten Mahlen wird der Mörtel in die Form gebracht und in zwei Centimeter dicken Schichten darin ausgebreitet; jede Schicht wird kräftig und so lange gestampft, bis die Masse unter dem Druck der Stampfe klingend geworden ist.

Die Anwendung des verdichteten Bétons geschieht auf zweierlei Art, nämlich durch künstliche Steine, oder indem man Monolith-Bauten aufführt. Zu der ersten Art gehören die Materialien, welche man durch Stampfen des Bétons in beweglichen Formen erzeugt hat, welche so zu sagen eine Matrize bilden, worin sich der Béton nach der innern Form derselben verdichtet. Zur zweiten Art rechnet man die Baulichkeiten, welche in großen Theilen ausgeführt werden, die man nach und nach neben- und übereinander setzt und welche nach Maaßgabe, als die Formen auseinandergenommen werden, um sie über dem schon aufgeführten Mauerwerk von Neuem zusammenzustellen, fortschreiten. In diesem Falle schließt sich die Arbeit des heutigen Tages an die vom gestrigen Tage an und ist das Werk vollendet, so besitzt es die homogene Eigenschaft eines Monolithen. Als Beispiel dieser Art bezeichnet Coignet Trottoirs, Straßencanäle, Wasserleitungen, Abtrittsgruben, Cisternen, Bassins und Reservoirs, die Gruben von Gasometer, trockne Wohnungen und Keller, Gewölbe, Brücken, Dämme, Quais und Futtermauern, Grundmauern von Maschinen, Docks 2c.

Coignet hat nach seiner Methode Wohnhäuser erbaut, deren Fundamente, Mauern, Fußböden und Decken von Béton hergestellt wurden; in neuester Zeit hat er sogar den Bau der Kirche von Vesinet aus Béton unter der Leitung des Architecten Boileau übernommen.

Bei Coignet's hydraulischem Mauerwerk genügen 3 bis 4 Tage zur Erlangung einer Härte, zu welcher gewöhnlicher Béton 15 bis 30 Tage bedarf. Nach einem Monate sind aber alle diese Bétons steinhart und unzerstörbar. Uebrigens fand Coignet, daß durch Anwendung höherer Wärmegrade die Erhärtung des Bétons sehr beschleunigt werden könne, und erlangte hierdurch binnen 24 Stunden eine Festigkeit, wozu sonst 14 bis 15 Tage erforderlich gewesen wären. Diese Wahrnehmung ist besonders bei gewissen Wasserbauten, bei Fahrstraßen aus Béton und bei Arbeiten während des Winters von unberechenbarem Nutzen. Der Béton wird auf 60 bis 80 Grad C. erhitzt und bei dieser Temperatur verdichtet.

Die Kosten von Bétonquadern der besten Gattung betragen per 1 Cubikmeter 70 Francs, 1 Quadratmeter Chaussee 15 Millimeter stark 10½ Francs, ornamentale Platten und verzierte Ränder und Rosetten per Quadratmeter 4 Francs, eine schöne Büste 7 Francs. Im Mauerwerk bei Anwendung gewöhnlicher Materialien stellt sich derselbe viel billiger.

XXVIII.

Der Kalksandziegelbau.

§. 174. Der in Ostpreußen und den russischen Ostseeprovinzen schon seit vielen Jahren übliche Kalksand-Pisébau hat Veranlassung zur Fabrikation von Kalksandziegeln gegeben. Namentlich ist letztere seit einigen Jahren durch den Dr. Bernhardi sen. in Eilenburg (preuß. Provinz Sachsen) eingeführt und verbreitet worden.*)

*) Nach Vitruv fertigten bereits die Römer solche künstliche Steine und Luftziegel aus einem Mörtel von 1 Theil in Staub zerfallenen Kalks, 1 Theil Abfällen von Steinen aus den Steinbrüchen und 1 Theil trocknem Flußsand; diese gut untereinander gearbeiteten Stoffe wurden aber in beinahe trocknem Zustande verarbeitet, d. h. daß man so wenig Wasser als möglich zusetzte, weil sonst die Ziegel beim Herausnehmen aus der Form brachen. Die Römer mischten gehacktes Stroh unter den Mörtel, und wenn sie wollten, daß sie leicht sein sollten, so machten sie diesen Mörtel, wozu ein Drittel Kalk kam, nur mit feinem rothen Sand oder mit Kreide an, weil diese Stoffe leichter sind und das Stroh sich besser damit verbindet.

Die Vortheile der Kalksandziegel bestehen in ihrer Billigkeit, Dauerhaftigkeit und leichter Anfertigung. Da, wo man lehmfreien Sand eines zu erbauenden Hauses gewinnen kann, stellen sich die Kosten eines 1000 Kalksandziegel nicht höher als 13 $^1/_2$ Mrk., denn zu 1000 Stück von $283^{mm} \times 136^{mm} \times 77^{mm}$ braucht man ca. 4 Fuder Sand und 259,75 Liter Weißkalk oder 207,8 Liter Graukalk und 3 Arbeiter fertigen täglich durchschnittlich 1200 Stück Ziegel. Diese werden auf Trockenbrettchen 8—14 Tage lang an der Luft getrocknet und können dann sogleich verwendet werden. Die Fabrikation wird gewöhnlich an Ort und Stelle des Baues vorgenommen, und es stellt sich ein aus Kalksandziegel ausgeführter Bau oft um 40 bis 50 Procent billiger, als ein solcher aus gebrannten Ziegeln. Das Bauen mit solchen Ziegeln schreitet ebenso schnell und gleichmäßig fort als ein Bau von gebrannten Steinen; man kann mit ihnen nicht allein Umfassungsmauern, Wohn- und Wirthschaftsgebäude, Scheuern, Ställe, Brennereien 2c., sondern auch alle Ueberwölbungen an Fenstern und Thüren, alle Simse und Verzierungen, Fenster- und Thürgewände und dergleichen Arbeiten ausführen. Die Gebäude sind sofort trocken und bedürfen wegen ihres gefälligen Aussehens keines Bewurfes oder Abputzes, sondern sie werden blos ausgefugt. Der Umstand, daß die Brandversicherung in Preußen Gebäude, die aus Kalksandziegeln aufgeführt sind, als völlig massiv in die erste Klasse aufnimmt, dürfte für die Solidität derselben sprechen. Größere Gebäude aus diesem Material befinden sich in der Nähe von Eilenburg, in Pommern und Ostpreußen in bedeutender Zahl. —

Erfahrungsmäßig genügt die rückwirkende Festigkeit der einfachen Kalkziegel im Mauerverbande vollkommen, um Gebäude von drei und vier Stockwerken davon aufführen zu können. Auch spricht für die große Tragfähigkeit folgender Versuch: Auf vier Pfeilern, die in einem Viereck von 4 und 6 Fuß (1^m, 13 und 1^m, 70) Seitenlänge auf Bruchsteingrund 2 Fuß (0^m, 56) hoch auf Kalkziegeln aufgemauert waren und nur 1 Quadratfuß (0,080 $\square^m$) Grundfläche hatten, also nur 2 Steine starken Pfeilern wurde aus Balken und Brettern eine Bühne gelegt; diese ließ man so lange mit Kalkziegeln belasten, bis die Pfeiler von der Last zermalmt wurden; er erfolgte dieß, als die Bühne eine Zahl Kalkziegel aufgenommen hatte, die hingereicht haben würde, die vier Pfeiler etwa 40 Fuß aufzuführen. In vollen zusammenhängenden Mauern würde der Erfolg noch ein ungleich günstigerer gewesen sein. Hiernach eröffnet sich, besonders wegen der billigen Herstellung der Kalkziegel, ein weites Feld für deren Verwendung.

Aber nicht etwa nur die Billigkeit dieser Ziegel ist es, welche jene Ersparniß bewirkt, sondern auch der Umstand, daß die aus Kalkziegeln erbauten Wände der Berappung oder des Abputzes nicht bedürfen. Sie können als gefugtes Mauerwerk aufgeführt werden und nach Außen so bleiben, und auch nach Innen, wenn sie eben nur gewerblichen Zwecken dienen sollen. Ist aber nach Innen eine glatte Wandfläche erforderlich, etwa weil die Räumlichkeit zur Wohnung dienen soll, so bedarf es doch eines eigentlichen Kalkbewurfs nicht, vielmehr genügt es, die Wand zur vollkommenen Ausgleichung der Fugen 2c. zu überreiben und dann zu tünchen, so daß der eigentliche Kalkmörtelbewurf in jedem Falle gespart werden kann. Allein es haben die Kalkziegel auch ihre Schwächen, die nicht verschwiegen werden dürfen. Es ist nämlich nicht zu läugnen, daß sie an Festigkeit den gebrannten Lehm- und Thonziegeln nachstehen und namentlich Schlag und Stoß nicht so gut wie diese vertragen, auch keine so große rückwirkende Festigkeit besitzen; da aber letztere immer noch größer ist, als bei den meisten unserer Bauten erfordert wird, so genügt also die Festigkeit der Kalkziegel vollkommen. Ein fernerer Mangel ist, daß sie Glühhitze nicht vertragen, weil diese den Kalk wieder ausglüht und seinen Zusammenhang mit den Sandkörnern aufhebt. Sie taugen also nicht z. B. zum Bauen von Feuerherden, überhaupt nicht am Feuer. Ferner lassen sie sich auch nicht gut hauen, weshalb man wohl thut, für bauliche Zwecke Viertel-, Halb- und Dreiviertelsteine besonders formen zu lassen; ferner lassen sie sich wegen ihrer Sprödigkeit nicht so leicht unbeschädigt auf Wagen fortschaffen; sollen sie durch Reibung aneinander an den Kanten nicht leiden, so muß man sie in ähnlicher Weise verladen, wie es mit den Dachziegeln gewöhnlich geschieht. Frost schadet diesen Ziegeln nur dann, wenn sie aus minder scharf bindendem Kalke bereitet sind, dabei etwas stark hervorspringende Mauertheile, z. B. Deckplatten, Gesimse u. dgl. bilden, und wenn sie in solcher Lage vom Regen vollkommen durchnäßt und so in allen ihren Zwischenräumen von Wasser erfüllt, nun plötzlich stark gefrieren. Niemals aber schadet der Frost den Mauern aus Kalkziegeln, in deren Oberflächen auch beim stärksten anschlagenden Regen nie Wasser in Menge haften bleibt, um beim schnellen Gefrieren als Eis die Mauer- oder Ziegelsubstanz in ihren Theilchen auseinander treiben zu können.

Zum Schluß räth Dr. Bernhardi, das Fundament der Bauten wenigstens 10cm über die Erde herauf aus festen Bruchsteinen aufführen zu lassen, so daß mindestens nicht Wasser in Menge bei starkem

Schneefall und darauf folgendem schnellen Thauwetter um die Kalkziegelmauer sich anhäufen könne.

§. 175. Kalk und Sand bilden die alleinigen Materialien für Kalksandziegel. Es ist aber wesentlich, diese Stoffe in einer zweckentsprechenden Beschaffenheit anzuwenden, da die Kalkziegelfabrikation bei Benutzung untauglicher Materialien mißlingen muß. Was den Kalk anbelangt, so ist dieser ziemlich überall in geeigneter Qualität zu haben und man kann im Allgemeinen jeden Kalk, der zum Mörtel geeignet ist, auch zu Kalkziegel benutzen. Man hat hier höchstens die Ausgiebigkeit des zur Disposition stehenden Kalkes wegen des Kostenpunktes zu ermitteln und zu berücksichtigen.

Als bequemste Anwendungsweise des Kalkes ist zu empfehlen, den frisch gebrannten Kalk in Körben in einem Faß unter Wasser zu halten, bis er keine Luftblasen mehr in die Höhe sendet; dann soll man ihn auf einen Haufen schütten, wo er zu einem feinen Pulver zerfällt, welches in einer trocknen Localität aufbewahrt werden muß. Von diesem Kalkpulver nimmt man auf 7 Raumtheile Sand einen Raumtheil, d. h. auf 7 Kastenkarren Sand 1 Kastenkarre Kalkpulver; das Kalkpulver wird mit derjenigen Menge Wasser, welche versuchsmäßig erforderlich ist, um den verfügbaren Sand in eine feuchte Ziegelmasse zu machen, in einem Fasse zusammengerührt und diese Kalkflüssigkeit der entsprechenden Menge Sand in der später näher anzugebenden Weise zugesetzt. Da mancher Kalk sich im Wasser nicht sofort vollständig zertheilt, sondern theilweise sich im Wasser zu Boden zu setzen geneigt ist, so muß man vor dem Ausschöpfen der Kalkflüssigkeit aus dem Fasse diese stets gut umrühren, um hierdurch die Kalktheile gleichmäßig im Wasser vertheilt und schwimmend, und immer eine gleich starke Kalkflüssigkeit zu erhalten und zu verwenden. —

§. 176. Der Sand erfordert nicht weniger Aufmerksamkeit bei der Wahl als der Kalk. Es eignet sich zu Kalkziegeln am besten ein recht scharfer mittelfeiner Maurersand, wie solcher gewöhnlich zu Mörtel genommen wird, von der Größe eines Mohnsamens bis Stecknadelkopfes; unerheblich ist es, wenn auch noch größere Kieselkörnchen darin vorkommen. Ein durchweg gröberer Sand würde zwar nicht unbrauchbar sein, er würde aber auf der Oberfläche gröbere und dadurch unansehnlichere Ziegel geben und dabei leicht mehr Kalk zur Bindung erfordern; das Wesentlichste ist die Schärfe des Sandes. Man versteht nämlich unter scharfem Sand solchen, der fast ausschließlich aus Quarzkörnern besteht und keine irgend erhebliche Beimischung

erdiger, lehmiger, thoniger und vegetabilischer Theile besitzt. Noch unerklärt ist es, warum mancher übrigens reine Flußsand nicht zu Mörtel und daher auch nicht zu Kalkziegeln taugt. Die Farbe des Sandes ist selbstredend unwesentlich. Die Festigkeit und Wetterbeständigkeit der Ziegel läßt sich schon ziemlich gut aus ihrer Beschaffenheit nach ihrem Trockenwerden erkennen; ein guter, fester, aus scharfem Sande und gutem Kalk gefertigter Kalkziegel giebt, sobald er trocken geworden, auf der Hand mit dem Fingerknöchel angeschlagen, einen deutlichen metallischen Klang: seine Flächen und Kanten sind scharf und hart; ein lehm- und erdehaltiger Ziegel giebt hingegen einen um so mattern Ton beim Anschlagen, je weniger rein der Sand war; der reibende Finger erzeugt darauf leicht eine Spur, ebenso auf dem Ziegel von stumpfem Sande. —

§. 177. Zur Fabrikation der Kalkziegel bedarf man eines eigentlichen sog. Fabrikgebäudes nicht; eine Hütte oder Bude von 20—25 □m Grundfläche, um unter Breter-, Stroh- oder Rohrdach die Maschinen aufzustellen und die Arbeiter gegen Regen und Sonnenbrand geschützt arbeiten zu lassen, genügt. Der Apparat selbst besteht aus einer gewöhnlichen Kalkbank, einem Faß für die Kalkauflösung, einigen Schaufeln, Mengekrücken, Kastenkarren, einem Schöpfer, Eimer, einer Tragbahre, einer Mengemaschine (dann sind Mengekrücken überflüssig), einer Kalkziegelpresse, einer Anzahl Ziegelbretter, welche theils als sog. Schieber zum Wegtragen der Ziegel dienen, theils als sog. Einlagen in die Formen gelegt werden, bevor man sie füllt, und aus einigen hölzernen Kellen, sowie aus einer genügenden Menge von Gestellen, welche, im Freien stehend, die Ziegel in sich aufnehmen, bis sie soweit trocken sind, daß sie in Haufen weggesetzt werden können. Diese aus Latten oder Brettern construirten Gestelle können mit oder ohne Bedachung sein. Letztere sind entbehrlich, weil die Kalkziegel, wenn sie nur einen Tag an der Luft oder Sonne gestanden haben, äußerlich eine erhärtete Rinde zeigen, welche dem Regen widersteht, so daß es also höchstens nothwendig erscheint, bei einfallendem Regen die jüngst gefertigten, im Gestell zu oberst stehenden Ziegel durch darüber gelegte Bretchen vorübergehend zu schützen. Außerdem ist es vortheilhaft, die Kalkziegel soviel als möglich der Witterung auszusetzen, weil sie eben dadurch immer mehr erhärten.

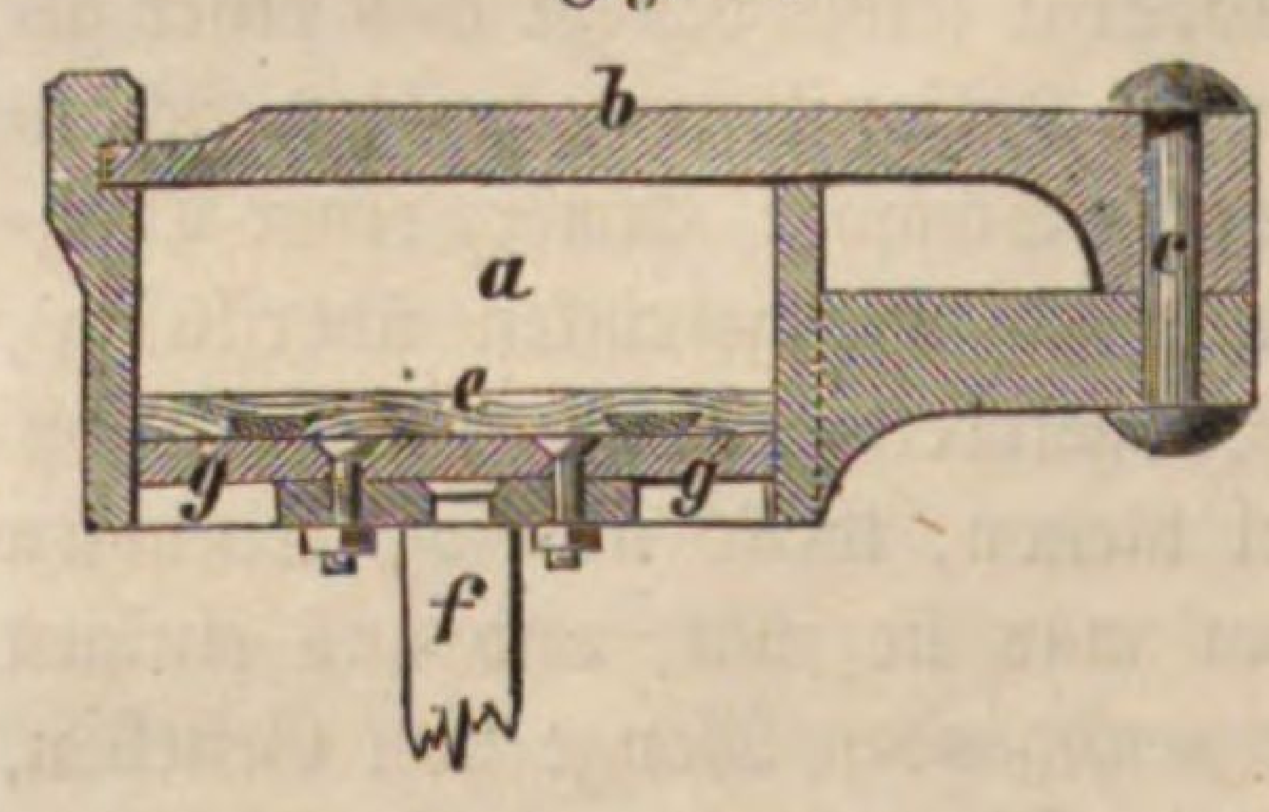
§. 178. Was nun die Fabrikation anlangt, so hängt zunächst das Mischungsverhältniß von der Beschaffenheit der beiden Materialien ab; im Allgemeinen kann man auf 7—10 Theile Sand 1 Theil gelöschten Graukalk nehmen. Der Kalk wird im Kalkfasse mit einer

der nicht immer gleichen Feuchtigkeit des Sandes entsprechenden Menge Wassers angerührt. In die Kalkbank (Mörtelpfanne) wird nun Sand und diese Kalkflüssigkeit in den dem Mischungsverhältnisse entsprechenden Gaben schichtweise eingetragen und hier entweder mit der Harkenhacke gemengt oder durch die Mengemaschine (Mörtelmaschine) bearbeitet, welches letztere deshalb vorzuziehen ist, weil hierbei die unerläßlich sorgfältige Mengung der Masse der Willkür der Arbeiter entzogen wird. Ist die Masse nun so hergerichtet, daß sie ein gleichmäßiges Gemenge von Sand und Kalk bildet, und eben nur so feucht ist, daß sie nicht von Wasser glänzt und, in der Hand zusammengedrückt, keine tropfbare Flüssigkeit läßt, so wird sie in der Ziegelpresse zu Ziegeln geformt und als Ziegel auf das Trockengestell gebracht.

Beschreibung von Dr. Bernhardi's Kalkziegelpressen.

§. 179. Die Kalkziegelpressen bestehen der Hauptsache nach aus; einem kräftigen hölzernen Tisch und der in Fig. 69. im Durchschnitt und in Fig. 70. in oberer Ansicht dargestellten gußeisernen Form mit nach oben verschiebbarem Boden, welcher mittelst eines circa 7 Fuß langen Hebels von Schmiedeeisen, oder mittelst eines Kniehebels bei dem Pressen bewegt wird, aber auch mittelst eines zweiten leichtern Hebels zum Herausheben der fertig gepreßten Steine gehoben werden kann.

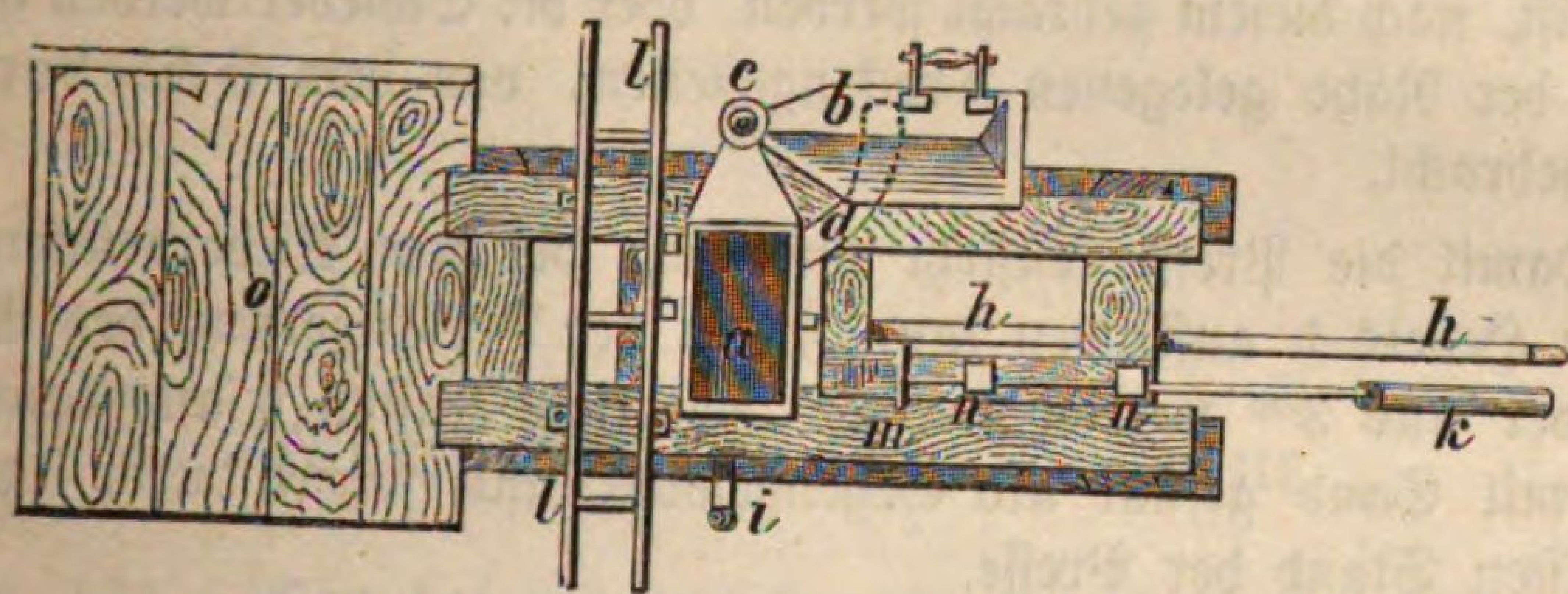
Fig. 69.



a (Fig. 69.) ist die von Innen sauber ausgefeilte Form, der starke gußeiserne Deckel b, dessen schmale Kante im geschlossenen Zustande in einen Falz greift, kann um einen Bolzen c gedreht werden und gestattet die Füllung der Form mit der vorher sorgfältig gemischten Kalksandmasse. Zur Führung des Deckels beim Oeffnen dient das an der Seite von der Form angebrachte gußeiserne Bogenstück d (Fig. 70., welche einen Grundriß der ganzen Maschine in kleinem Maaßstab darstellt); da die Kalksandmasse an und für sich nicht eine so zähe und plastische Masse ist, wie Thon und Lehm, und der aus der erstern gepreßte Ziegel in der Form nicht sogleich die Festigkeit jener Materialien erhält, um unmittelbar nach dem Pressen angefaßt werden zu können, so ist es nöthig, dem neuen Ziegel eine feste Sohle zu geben. Diese besteht in einem ungefähr

½ Zoll (15mm) starken Bretchen e, welches an seiner untern Fläche, um das sonst unvermeidliche Werfen und Verziehen zu verhindern, mit eingeschobenen Leistchen versehen sein muß. Dieses gehobelte und in seiner Grundfläche genau der Ziegelform entsprechende Bretchen wird, vor dem Füllen der Form mit Kalksandmasse, in die Preßform gelegt (e Fig. 69), der Preßhebel h (Fig. 70.) wird an der Handhabe in die Höhe gehoben und dadurch die mit ihm verbundene eiserne Stange f des gußeisernen Bodens g abwärts gezogen.

Fig. 70.



Jetzt wird die präparirte Masse mittelst einer Maaßschaufel, deren Größe der zu einem Ziegel erforderlichen Menge von Kalksandmasse entsprechend ist, durch einen über der Form freistehend angebrachten Blechtrichter in die Preßform geschüttet, hier mit Hülfe eines hölzernen Spatels gleichmäßig ausgebreitet, besonders gut in die Ecken gedrückt, und der Deckel b der Preßform zugeschoben, so daß er in den Falz eingreift (Fig. 69.). Hierauf drückt ein Arbeiter den Preßhebel h herunter und preßt dadurch den Boden g mit dem Einlagebretchen e und der auf diesem befindlichen Kalksandmasse gegen den Deckel b, und giebt der letzteren die beabsichtigte Ziegelform. Alsdann wird der Deckel b geöffnet und der Ziegel mittelst Niederdrücken des kleineren Hebels i aus der Form gehoben.

Um den auf einem Einlagbretchen liegenden Ziegel nicht mit der Hand berühren zu dürfen, dient ein in einer Führung n, n zur Seite der Form laufendes eisernes Stängchen k mit hölzernem Heft dazu, den Stein auf das hölzerne, von Bernhardi mit „Schieber" bezeichnete Bret (Fig. 71.) zu schaffen. Letzteres lagert zu diesem Behufe auf dem, von schwachem Eisen gefertigten Gerüst l, l (Fig. 70.), welches genau in derselben Höhe mit der Unterkante des Einlegebretts e des gepreßten und mittelst Hebels i aus der Form gehobenen

Fig. 71.



Ziegels steht; — wird nun das Schieberstängchen k sanft vorgeschoben, so trifft das am äußersten Ende desselben befindliche Quereisen m die Kante des Einlegbretchens, und schiebt so den fertig geformten Stein von dem Boden g der Preßform auf den zur Aufnahme des Steins bestimmten auf dem Gerüst l befindlichen „Schieber". Letzterer ist $^3/_4$ Zoll (20^{mm}) stark, 6 Zoll (152^{mm}) breit und 2 Fuß 4 Zoll (681^{mm}) lang und zur Aufnahme von zwei Ziegeln geeignet. Diese letztern gelangen dann mit dem Schieber auf eine Tragbahre, mittelst welcher eine Anzahl derselben, wenn das Trockengerüst entfernt gelegen ist, nach diesem gebracht werden, oder die Schieber werden gleich, bei in der Nähe gelegenen Trockengestellen, von dem Schieber auf diese gebracht.

Damit die Presse feststeht und nicht bei dem Niederdrücken des langen Hebels h aufkippen kann, ist in der Verlängerung des Apparats der aus 3^{cm} starken Bretern gefertigte Kasten o angebaut, er dient mit Sand gefüllt als Gegengewicht und sichert durch letzteres den festen Stand der Presse.

Außerdem bietet der Deckel des Kastens o, welcher etwas über letztern hervorragt, eine Tischplatte, um die für die fernere Fabrikation von Kalkziegeln erforderlichen Einlegebretchen und Schieber niederlegen zu können. Damit die Kalkziegel stets von gleicher Dicke gefertigt werden, sind zwei eiserne Schienen mit Löchern vertical an der Maschine befestigt, durch welche je nach der beabsichtigten Dicke der Ziegel ein eiserner Bolzen höher oder niedriger gesteckt wird und bis auf welchen der Hebel h bei jedesmaligem Pressen niedergedrückt werden muß. Außerdem befindet sich an der Seite des Hebels h noch eine Feder, welche dem Hebel in seiner waagrechten Stellung als Stütze zu dienen bestimmt ist.

Die Presse übt einen Druck von ungefähr 4300 Pfund auf ca. 50 Quadratzoll oder 86 Pfund auf einen Quadratzoll aus; sie erfordert zu ihrer Bedienung 3 bis 4 Männer, welche in einem Tage, wenn die Masse von andern Leuten gemengt wird, bis 2000 Stück Ziegel pressen und zum Trocknen auf die Stellagen schaffen können. Liegt den Arbeitern aber auch die Mengung des Kalkes mit dem Sande ob, so schaffen 3 Männer nur circa 800 Ziegel. —

§. 180. Dr. Bernhardi übernimmt selbst Bestellungen auf die nöthigen Geräthschaften und liefert dieselben zu folgenden Preisen:

Kalkziegelpresse für kleinere Bauten	120—150 Mark.
" " größtentheils von Eisen	240 "

Kalkziegelpresse die 2—4 Ziegel auf einmal liefert, je nachdem sie mehr oder minder von Eisen ist	270—600	Mark
Mengemaschine mit Schwungrad für Ziegelmasse und Mauermörtel, je nach Größe . .	60—120	=
Maaßschaufel für Kalkziegel	3	=
= = für Inhalt stellbar	6	=
Einlagebretchen, präparirt per 1000 Stück . . .	60	=
= = schwächer = = = . . .	48— 54	=

XXIX.

Fabrikation der Schlackensteine.

§. 181. Man hat bekanntlich vielfach versucht, die lästigen Abfälle der Eisenproduction, die Schlacken, zu verwerthen, welche bisher einerseits zur Ablagerung sehr viel Raum beanspruchen, während andererseits ihr Transport vom Hohofen zur Halde bedeutende Kosten und Schwierigkeiten verursachte. Die beste Art der Verwerthung der Hohofenschlacken wurde bisher durch die Granulation der Schlacken erreicht, deren Product, der sogenannte Schlackenkies, nicht nur mit bestem Erfolge als Bettungsmaterial für Eisenbahnschwellen verwendet wird, sondern in der richtigen Weise mit Kalk gemischt, auch das Material für den vorzüglichen Schlackenbaustein und Schlackenmörtel hergiebt.

Die Darstellung von Schlackenkies durch Granulation besteht sehr einfach darin, daß man die flüssige Schlacke in Wasser fließen läßt, wo durch plötzliche Abkühlung und bei garer Schlacke ein Erhärten zu bimsteinartigem Kies, bei weniger garer Schlacke zu grandigen Körnern herbeigeführt wird. Es wurde dieses Verfahren in Deutschland auf der Georg-Marienhütte bei Osnabrück und der Friedrich-Wilhelmshütte bei Troisdorf, zu Charleroi in Belgien, auch verschiedentlich in Frankreich und in neuester Zeit auch in England practisch ausgeführt.

Auf der Georg-Marienhütte bei Osnabrück ist die Granulation der Hohofenschlacken schon seit vielen Jahren und wohl am weitesten ausgebildet. Auch entwickelte sich hier zuerst aus bescheidenen An-

fängen und mit Aufwand von viel Mühe, Zeit und Kosten als ein besonderes Unternehmen einiger Privaten seit 1865 die Fabrikation der aus einer Mischung von granulirten Schlacken und Kalk gepreßten Bausteine, welche sich jetzt zur hohen Blüthe aufgeschwungen hat und als ein besonderes Geschäft unter der Firma: Lürmann, Meyer & Witting, Traß- und Steinfabrik in Osnabrück, betrieben wird. Das Vorurtheil der bauenden Techniker, welches sich dem neuen Material entgegenstellte, ist in dieser Gegend als fast überwunden zu bezeichnen; in Osnabrück sind bereits viele nicht unbedeutende Gebäude aus Schlackenstein entstanden, auf der Georg-Marienhütte sind alle andere Bausteine durch den Schlackenziegel verdrängt und selbst die dortige evangelische Kirche soll in diesem Material ausgeführt werden. Statt mit der in den ersten Jahren verwendeten Handpresse arbeitet die genannte Firma seit 1867 mit Damfpressen und wird in nächster Zeit hydraulische Pressen einführen. Im Jahre 1873 stellte man fast 5 Mill. Steine vom Normalformat dar. Vor Kurzem hat man auch auf der Rolandhütte im Siegen'schen ganz nach der Art wie auf der Georg-Marienhütte angefangen, zu granuliren und Ziegel zu pressen, und auch dort schon vorzügliche Resultate erzielt. Jedoch haben die Unternehmer noch mit dem Vorurtheil und Mißtrauen der dortigen Bevölkerung zu kämpfen, welche durch Gegner der Schlackensteine, meistens aus Steinbruchbesitzern und Ziegelbrennern bestehend, hervorgerufen und rege gehalten werden. Indessen zeigt die Furcht vor der Concurrenz den Werth des Unternehmens, und ohne Frage werden auch dort bald alle Hindernisse überwunden sein.

§ 182. Der Schlackenstein giebt, wie die Versuche bestätigen, dem gutem Ziegelstein an Verwendbarkeit nichts nach; er übertrifft den Ziegelstein jedoch an Feinheit der Farbe und Porosität. Zuerst leicht zerbrechlich, erhärtet derselbe schnell an der Luft; dies Erhärten dauert lange fort, auch nach der Verwendung im Bau, und da auch der Mörtel mit Schlackenkies angerührt wird, so entsteht eine vollständige Verbindung der Steine, so daß nach Verlauf einiger Jahre eine solche Wand nicht mehr aus einzelnen Steinen, sondern aus einer gleichartigen Masse besteht. Die daraus erbauten Häuser sind sehr trocken, gesund und warm, ihr Außeres zeichnet sich durch feinen lichtgrauen Farbenton aus, welcher die Wirkung von Licht und Schatten in der Architectur des Gebäudes sehr hübsch hervortreten läßt, eine Eigenschaft, die den Gebäuden von rothgebranntem Ziegelstein bekanntlich im hohem Grade mangelt. Ein fernerer Vorzug dieser

Häuser besteht darin, daß sie sofort nach ihrer Vollendung ohne Gefahr für die Gesundheit der Bewohner bezogen werden können, da sie in sehr kurzer Zeit ausgetrocknet sind.

Eine mit Steinen aus der Osnabrücker Fabrik in der k. Gewerbeakademie zu Berlin vorgenommene Prüfung auf Festigkeit ergab folgende, für den Schlackenstein höchst günstige Resultate, welche hier mit den Resultaten von Druckproben zusammengestellt sind, die mit anderen Bausteinen dort vorgenommen wurden.

	Zeigten Risse bei Kilogramm pro □cm	Wurden zerstört bei Kilogramm pro □cm
Schwammsteine vom Rhein	18,6	19,7
Bleiche Ziegelsteine aus der Osnabrücker Gegend	67,89	87,96
Rothe Ziegeln, hart gebrannt, aus der Osnabrückner Gegend . . .	89,04	107,28
Mit der Handpresse gefertigte Schlackensteine	31,0	32,1
Mit der Dampfpresse 1873 gefertigte Schlackensteine	92,4	110,5

Es tritt außerdem in der Tabelle die Vervollkommnung der Schlackenziegel von der Handpresse zur Dampfpresse deutlich hervor.

Seine jetzige Vollkommenheit verdankt der Schlackenziegel insbesondere der Verbesserung der Ziegelpresse, ferner aber auch der Verwendung von trocken desintegrirtem Kalk, welcher dem bis zu 40% Wasser enthaltenen Schlackenkies je nach Bedarf zugesetzt wird. Denn obgleich die granulirte Schlacke wegen ihres Gehaltes an löslicher Kieselsäure, gepreßt oder gestampft, auch schon für sich allein erhärten würde, so geschieht dies doch schneller mit Kalkzusatz. Das Erhärten der Steine erfolgt durch Bildung fester Verbindungen zwischen der löslichen Kieselerde, der Schlacke und dem beigemengten Kalk.

§ 183. Das Heben des Schlackenkieses aus den Wasserbassins nach der Granulation geschah bisher gewöhnlich durch Paternosterwerke, jedoch gab die vielfache Gliederung dieser Maschine zu starkem Verschleiß und in Folge zu unaufhörlichen Reparaturen Veranlassung. Man hatte sich daher auf der Georg-Marienhütte schon seit längerer Zeit mit dem Gedanken beschäftigt, die Paternosterwerke durch feste Schöpfräder zu ersetzen, welche im Sommer 1873 in der Maschinenfabrik der Hütte ausgeführt sind.

Das Schöpfrad hat folgende Einrichtung: Die Schöpfkästen sind mit Schrauben zwischen zwei großen gußeisernen Ringen befestigt,

welche an zwei Frictionsrollen mit gemeinschaftlicher Achse aufgehängt sind. Diese wird vermittelst Zahnradübersetzung durch eine kleine Dampfmaschine getrieben, die an einem der vier gußeisernen Ständer angebracht ist. Die äußere Peripherie der Frictionsrollen wickelt sich in Folge dessen auf der inneren Peripherie der Ringe ab und dreht das Schöpfrad, welches durch zwei seitliche Führungsrollen verhindert wird, Schwankungen zu machen. Der lichte Durchmesser der Ringe gestattet, daß ein Eisenbahngleis durch das Schöpfrad hindurchgeht, ein ganzer Waggon von der einen Seite hinein- und nachdem er beladen ist, nach der anderen Seite hinausgeschoben wird. Die beiden gußeisernen Ringe mit den 24 Schöpfkästen haben ein Gewicht von etwa 90 Ctr. Das Gewicht der zeitig zu hebenden Schlacken beträgt im Maximum 6 Ctr. Das Rad macht in 5 Minuten eine Umdrehung, bei 80 Touren der Dampfmaschine pro Minute, sodaß der Apparat im Stande ist, 72 Ctr. Schlacke in der Stunde zu verladen. Die Ringe sowohl, wie die zur Aufhängung derselben nöthigen Ständer sind im Heerde gegossen und brauchen nicht bearbeitet zu werden. Der Fuß der Ständer ist so breit, daß er der Fundamentirung eine genügende Auflagerfläche darbietet und ist deshalb direct auf das Mauerwerk des Wasserbassins gestellt. Die Zapfen der stählernen Triebachse, an welcher die ganze Last des Rades hängt, bewegen sich in Kugellagern, die in einer Achsgabel durch einen Keil getragen werden und verstellbar sind. Die Achsgabel hängt zwischen den auf den Ständern ruhenden |_|- Eisen, welche den Rahmen der Maschine bilden.

Bei einem anderen in neuester Zeit auf der Georg-Marienhütte ausgeführten Granulirungs-Apparat fließt die Schlacke durch eine seitliche Oeffnung in eine auf zwei Führungsrollen bewegliche und seitlich durch Rollen gestützte Trommel, welche zum Theil mit Wasser gefüllt ist. In der Trommel sind Schaufeln angebracht, welche bei Drehung des Rades die granulirte Schlacke heben und in einer bestimmten Höhe auf eine schiefe Ebene ausschütten, von wo aus dieselbe auf den seitlich vorgeschobenen Waggon hinuntergleitet. Ein permanenter Wasserzufluß, vom abfließenden Formwasser ausgehend, tritt im Wasser der Trommel mit dem Schlackenstrom zusammen, um schnellere Abkühlung zu erreichen und allzuheftiges Kochen des Wassers zu vermeiden. Das aus der Trommel überfließende Wasser sammelt sich in einem aus gußeisernen Platten hergestellten Kasten, welcher zugleich zur Unterstützung der Führungsrollen dient, also den Rahmen der Maschine bildet, und wird durch ein Abzugsrohr abgeleitet. Der

Antrieb der Maschine ist durch ein flaches um die ganze Trommel geschlungenes Drahtseil gedacht, welches von einer durch die Gieshalle gelegten Transmission aus bewegt wird. Aber auch dieser Apparat kann so gut wie der vorige durch Friction bewegt werden, wenn man die unteren Unterstützungsrollen durch Zahnradübersetzung antreibt, was wahrscheinlich sogar in manchen Fällen vorzuziehen sein würde. Die Trommel macht in 3 Minuten eine Umdrehung und hat 12 Schaufeln, welche in der Stellung, wo sie ausschütten sollen, dem Böschungswinkel des nassen Schlackenkieses entsprechen, d. h. unter 40° gegen die Horizontale geneigt sind. Es ist also bei dieser letzten Construction das Princip des Schöpfens aufgegeben, da im Rade selbst granulirt und dadurch eine Arbeit erspart wird.

§. 184. Die Osnabrücker Stein- und Traßfabrik, durch Vertrag vom 29. Mai 1865 begründet, stellte sich nach demselben die Aufgabe die Schlacken verschiedener Hohofen-Anlagen in jeder möglichen Form zu verwerthen. Zunächst wurde die Fabrikation gewöhnlicher Ziegelsteine allein aus Schlacken der Georg-Marienhütte betrieben. Zur Herstellung derselben diente eine sog. Bernhardi'sche Handziegelpresse (vergl. § 179.) Die Schlacke wurde in granulirtem Zustande mit der Hand mit gelöschtem Kalk gemischt, mit der Maschine gepreßt und zum Erhärten und Trocknen an der Luft, zunächst auf einem ebenen Platz, dann in Haufen aufgestellt.

Die granulirte Schlacke enthält lösliche Kieselsäure und erhärtet gepreßt oder gestampft schon für sich allein, ohne Kalkzusatz, jedoch langsamer als mit demselben. Die Erhärtung der Steine erfolgt durch Bildung fester Verbindungen zwischen der löslichen Kieselerde, der Schlacke und dem beigemengten Kalk. Die granulirte Schlacke gemahlen, erhärtet für sich allein sowohl, als mit Kalk gemengt, in letzeren Falle rascher und besser.

Da die Fabrikation der Ziegelsteine mit Handpressen ein Fabrikat gab, welches nur wenigen Anforderungen genügte, dachte man daran, gemahlene, mit Kalk gemischte Schlacke in Formen zu gießen. Die Größe des dazu nöthigen Platzes, sowie die Schwierigkeiten bei Herstellung der großen Menge Formen ließen diese Fabrikationsmethode nicht über einen größeren Versuch hinauskommen.

Die Fabrikation der Ziegel wurde deshalb bis zum Jahre 1870 ausschließlich mit Handpressen, deren fünf vorhanden waren, betrieben.

Diese Handziegelpressen hatten außerordentlich viele Reparaturen in Folge Abnutzung durch die harte scharfe Schlacke und nur eine

geringe Leistung, weshalb man an die Beschaffung von Dampfziegelpressen besserer Construction dachte.

Die aus Schlacken und Kalk gemischte Masse läßt sich nicht in Thon-Ziegelpressen verarbeiten, weil die gepreßte Schlackenmasse nicht Consistenz genug hat, um abgeschnitten zu werden. Die aus dieser Masse herzustellenden Ziegel müssen deshalb einzeln gepreßt werden.

§ 185. Auf der Pariser Ausstellung im Jahre 1867 war von François Durand in Paris eine Ziegelpresse ausgestellt, welche den an sie zu stellenden Anforderungen zu genügen schien. Nachdem im Jahre 1870 eine solche Presse war beschafft worden, stellte es sich leider gleich Anfangs heraus, daß diese Maschine im Princip zwar zweckentsprechend, in ihrer damaligen Construction aber unbrauchbar war.

Die Reparaturkosten dieser Presse betrugen im ersten Jahr mehr als die Anschaffungskosten; um die wesentlichen Fehler zu beseitigen, wurde im Jahre 1871 durch die Firma Brück, Kretschel & Co. in Osnabrück eine zweite Maschine hergestellt.

In den Jahren 1871—73 wurden nach und nach 12 verschiedene wesentliche Reconstructionen an den Pressen vorgenommen, ohne welche dieselben zur Herstellung von Schlackensteinen nicht brauchbar sein würden.

Die erste der von Brück, Kretschel & Co. in Osnabrück bezogene Presse erlitt im Jahre 1872 ebenfalls so bedeutende Brüche, daß diese Maschine in's alte Eisen wandern mußte. Erst mit Beschaffung der dritten, wieder bedeutend verbesserten Maschine trat die Fabrikation der Schlackensteine im Jahre 1872, nach sieben Jahren aus dem Versuchsstadium heraus. Die so mit Aufwand von viel Mühe, Zeit und Kosten unter Mitwirkung verschiedener tüchtiger Techniker verbesserten drei Ziegelpressen lieferten im Jahre 1872 schon 2,246,000 Steine (Normalformat).

Die Osnab. Stein- und Traßfabrik hat jetzt sechs Dampfziegelpressen im Betriebe, die von Herren Brück, Kretschel & Co. geliefert, und wovon jede pro Arbeitstag ca. 7000 St. Steine fertigt und ca. 5 Pferdekraft braucht. Die Steine werden aus der Presse gleich auf Karren in's Freie gefahren, ähnlich wie Lehmsteine zum Erhärten und Trocknen an der Luft aufgestellt und sind in ca. 6 Wochen baufähig.

§. 186. Die Schwierigkeit, welche der verschiedene, bis 40% betragende Feuchtigkeitsgehalt der granulirten Schlacke, die Versuche über die Verwendung von zu Pulver oder zu Blei gelöschten oder desintregrirten Kalk machten, sollen hier nur erwähnt werden.

Die Versuche, die Mischung und Abmessung von Schlacke und

Kalk, anstatt mit der Hand, allein mit Maschine zu bewerkstelligen, scheiterten, trotzdem eine gut durchdachte derartige Anlage mit großen Kosten im Jahre 1871 hergestellt wurde, vollständig. Nachdem man noch die Mischschnecke probirt hatte, ist man jetzt zu einer einfachen Mörtelmischmaschine übergegangen, in welche die Materialien durch die Hand abgemessen und eingetragen werden; dieselbe wird ebenfalls durch Dampf betrieben.

§. 187. Neben diesen technischen Schwierigkeiten stellte sich dem Absatz der Schlackensteine ein manchmal unüberwindlich scheinendes Vorurtheil mancher bauenden Techniker und des bauenden Publikums entgegen.

Nur das Vertrauen, welches die Verwaltung der Georg-Marienhütte in das Fabrikat setzte und durch fortwährende bedeutende Verwendung der Steine bethätigte, gestattete dieser Anfangs kümmerlichen Industrie sich bis zu der jetzigen Höhe empor zu arbeiten.

Die folgenden Zahlen geben ein Bild der trotz entgegenstehender Schwierigkeiten ermöglichten Entwicklung der Fabrikation der Schlackensteine.

Die Osnabrücker Stein- und Traßfabrik producirte an Steinen — gewöhnliches Format — im Jahre

1866	345,200	Stück,
1867	439,670	"
1868	597,525	"
1869	700,425	"
1870	1,274,850	"
1871	1,787,830	"
1872	2,246,950	"
1873	4,365,771	"
1874 (11 Monate)	5,760,479	"

In Osnabrück sind im Jahre 1872 außer vielen kleinen Bauten, mehrere bessere Wohngebäude und ein bedeutendes Fabrik-Etablissement aus den Schlackensteinen aufgeführt.

Auf Georgs-Marien-Hütte werden die Steine zu allen Hochbauten verwendet und haben alle andern Bausteine verdrängt. Außer einer großen Zahl Arbeiter-Doppelwohnungen wurden auf Georgs-Marien-Hütte das Krankenhaus der Knappschaftskasse für 32 Kranke, das Logierhaus nebst Menage für 200 Arbeiter, das Gesellschaftshaus und mehrere Beamtenwohnungen ganz aus Schlackensteinen erbaut. —

Die evangelische Gemeinde Georgs-Marien-Hütte beabsichtigt den Bau einer Kirche in Schlackensteinen und hat Herr Baurath Haase

in Hannover, welcher die Entwürfe für diese Kirche übernommen hat, dieses Material als geeignet für diesen Bau anerkannt. Verkauft werden die Steine, welche eine Größe von 250mm × 120mm × 65mm haben auf dem Etablissement der Herren Lürmann, Meyer und Witting zu Georgs-Marien-Hütte mit 27—30 Mark pro Mille und in der Osnabrücker Fabrik zu 30—33 Mark pro Mille. Außerdem werden dort auch s. g. Schwammsteine angefertigt, — Größe und Qualität ähnlich derartiger Steine vom Rhein. (Größe 250mm × 120mm × 100mm. Gewicht 3 1/4 Kilogramm pro Stück) und Façonsteine aller Art. (Größe wie oben 250mm × 120mm × 65mm) Preis 45 Mark pro Mille.

§. 188. Die Fabrikation von Traßmörtel und größeren Bausteinen (Quader) durch hydraulische Pressen können jetzt als nächste Aufgabe der Osnabrücker Stein- und Traßfabrik, welche in einigen Jahren die sämmtlichen Schlacken der Georgs-Marien-Hütte zu consumiren gedenkt, in Aussicht genommen werden.

Zur Herstellung von Traß ist ein Desintegrator beschafft, die Versuche mit demselben sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Die Verwendung der Hohofenschlacke zu Schlackensteinen erregt jetzt, nachdem die Fabrikation mit Dampfziegelpressen aus dem Versuchsstadium herausgetreten ist, die Aufmerksamkeit der deutschen Hohofen-Techniker und Besitzer, was sich in letzterer Zeit durch sehr häufigen Besuch der Etablissements in Osnabrück und auf Georgs-Marien-Hütte documentirt hat.

Die Osnabrücker Stein- und Traßfabrik ist bereit, denjenigen Werken, welche zusichern die Fabrikations-Methode und Presse vor Nachahmung schützen zu wollen, bei Einrichtungen von Schlackenziegeleien behülflich zu sein.

In England und Amerika ist die Fabrikations-Methode patentirt und es wird jetzt ein Patent auf die verbesserte Ziegelpresse nachgesucht.

XXX.

Fabrikation künstlicher Bausteine.

§. 189. In Gegenden, wo die natürlichen Steine sehr selten sind, werden jetzt durch verschiedene Zusammensetzungen von hydraulischem Kalk, Cement, Sand und Steinstücken, die in hölzerne Formen

gebracht werden, künstliche Bausteine hergestellt, welche die natürlichen Steine in vielen Fällen sehr gut ersetzen und sich durch Wohlfeilheit und Leichtigkeit auszeichnen.

Bei dem Hafenbau in Algier wurden große Massen solcher künstlicher Mörtelsteine in das Meer versenkt. Die einzelnen Steine hatten $3^m,4$ Länge, 2^m Breite und $1^m,5$ Höhe. Sie bestanden aus einer Art Béton von 1 Theil hydraulischem Mörtel und 2 Theilen zerschlagener Steine. Das specifische Gewicht dieser Bétonsteine ist 1,65—1,98. Die Bétonmasse, welche im Großen mit Hülfe von Mörtelmaschinen bereitet wird, kommt in hölzernen Kasten von parallelepipedischer Form; sobald sie soviel Festigkeit erlangt hat, daß die Form abgenommen werden kann, wird der von ihr entkleidete Block noch einige Zeit, etwa 4 Wochen lang, der Luft ausgesetzt oder auch unter Wasser gebracht, um vollkommen zu erhärten und sodann als Werkstück dienen zu können. Zu dem Mörtel nahm man bei dem Versetzen dieser künstlichen Steine in Algier 1 Theil lebendigen Kalk, 1 Theil quarzigen Meersand und 1 Theil Puzzolanerde.

§. 190. Ein anderes Verfahren, künstliche Bausteine darzustellen, ist im Polytechn. Wochenblatt 1848 Nr. 13 beschrieben, wie folgt:

Der hydraulische Kalk wird in einem Korb, der ungefähr $^1/_8$ Tonne faßt, gebracht und alsdann in ein Gefäß mit Wasser getaucht, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen. Man nimmt hierauf den Korb aus dem Wasser heraus, läßt letzteres ablaufen, schüttet den Inhalt aus und bedeckt ihn mit einem umgekehrten eisernen Kessel, welcher etwa 12 Eimer faßt. Den auf dem Boden stehenden Rand des Kessels bestreut man ringsum mit Asche, damit kein Luftwechsel unter demselben stattfinden kann. So läßt man den Kalk 12 Stunden stehen, nach welcher Zeit er in ein feines Pulver umgewandelt sein wird und nun zur Fabrikation der Steine verwendet werden kann.

Man mischt nun 1 Theil von diesem Kalkmehl mit Wasser, so daß das Ganze einen dünnen Brei bildet, und setzt hierauf $2^1/_2$ Theile Kies und $^1/_2$ Theil (ausgelaugte) Asche von Steinkohlen, Torf oder Holz hinzu. Nachdem die Masse gut durchgearbeitet worden ist, so daß sie ganz gleichmäßig erscheint, rührt man noch so viel Wasser ein, daß die ganze verwendete Wassermasse 4 Theile beträgt, und gießt sie in Formen, worin sie bald erhärten.

Eine noch leichtere Sorte künstlicher Steine, welche an manchen Orten den Namen künstliche Tuffsteine führen, wird erhalten, wenn man der Masse eine leichte Erde zusetzt, oder auch gemahlene Muschel- und Austerschaalen u. dergl. Man setzt dann die Masse zusammen

aus $1\frac{1}{4}$ Theilen hydraulischem Kalk, $2\frac{1}{2}$ Theilen von der erwähnten leichten Erde (Infusorienthon), $1\frac{1}{2}$ Theilen Asche und 5 Theilen Wasser.

Die Formen, in welche die Masse eingegossen wird, verfertigt man aus tannenen Brettern. Der Boden ist $1^m,8$—$2^m,2$ lang; die Seitenstücke ungefähr 14^{cm} hoch. Durch eingeschobene Unterschiede wird das Ganze in 6 Abtheilungen getheilt und durch Querriegel und Keile zusammengehalten. Sehr kurze Zeit nach dem Füllen der 6 Formen mit der erwähnten Masse werden die Keile gelöst, die Seitenstücke hinweggenommen und die Steine auf dem Bodenbrett der Formen so lange liegen gelassen, bis sie so weit getrocknet sind, daß man sie ohne ihre Form zu ändern zum vollständigen Austrocknen unter frei liegende Schuppen bringen kann.

§. 191. Schon de la Faye beschreibt in seinen Untersuchungen über Mörtel*) die folgenden 4 Zusammensetzungen für künstliche Steine aus Kalkmörtel mit Sand und andern Substanzen, die im Verlauf mehrerer Jahre unter verschiedenen Umständen angewandt wurden und gleich befriedigende Resultate gegeben haben:

a) Man mische trocken ein Maaß an der Luft zerfallenen Kalk und 3 Maaß gesiebtes Steinpulver und gebe so viel Wasser zu, als zum Kneten dieser Mischung erforderlich ist. Die Masse muß tüchtig durchgeknetet werden.

b) Mische 1 Maaß Grubensand, der fein und trocken und weder thonig noch lettig ist, 1 Maaß gepulverten und gesiebten Stein und 1 Maaß trocken zerfallenen Kalk. Man gebe so viel Wasser zu, als nöthig zu einer formbaren Masse ist, und knete sie tüchtig durch.

c) 5 Theile guten, rauhen und scharfen Sand, 2 Theile frisch gebrannten, zerfallenen trocknen Kalk, wozu man nur so viel Wasser setzt, daß ein fetter, nicht flüssiger Teig entsteht, der in Formen gepreßt wird.

d) Man menge 1 Theil trocknen, in Pulver gebrachten und mit Oel angefeuchteten Letten, 8 Theile gesiebtes Steinpulver oder Grubensand, wohl auch eine Mischung von beiden, und 2 Theile frisch gebrannten Kalk; netze den Sand an und lasse ihn wie flüssigen Mörtel reiben, setze dann den klein gepochten Kalk zu und menge ihn mit der geriebenen Masse, so daß diese

*) De la Faye, Recherches sur la préparation que les Romains donnaient à la chaux etc. 1777.

von dem Kalk verdeckt wird. Nach Maaßgabe als derselbe sich löscht, knetet man ihn mit Kelle oder einer Reiberkeule, nöthigenfalls unter Zusatz von etwas Wasser durch. Sobald die Mischung vollkommen geschehen, setzt man, während sie noch heiß ist, den mit Oel benetzten Letten zu und läßt die Masse tüchtig durch Schlagen bearbeiten. Man muß sie sofort verwenden, weil sie sehr schnell bindet und unlösbar im Wasser wird.

Die geformten Steine dürfen nur langsam, geschützt gegen Wind und Sonne, trocknen; ein zu schnelles Trocknen hindert ihr Verhärten im Innern und die Regeneration des kohlensauren Kalks.

Die Keller und Souterrains, überhaupt alle Räume, die unter der Bodenoberfläche liegen, sind besonders vortheilhaft zur Wiedererzeugung des kohlensauren Kalks, da sie eine große Menge Kohlensäure enthalten, die das Erhärten des Steins um so mehr bewirkt, als er länger in feuchtem Zustande bleibt.

Auch kann man die geformten Steine auf feuchtem Sand betten, um das langsamere Austrocknen der Masse zu bewirken, was so wesentlich zur Festigkeit dieser Formwaare beiträgt. Die Steine können zu jeder Jahreszeit fabricirt werden, nur darf Hitze und Frost nicht auf sie einwirken, bevor sie vollkommen erhärtet sind. Ein sicheres Kennzeichen ihrer Güte und was zugleich anzeigt, daß das Trocknen nicht übereilt worden, ist, wenn nach einigen Tagen nach dem Formen auf der Oberfläche ein zuweilen bedeutendes Schwitzen bemerkbar wird, welches niemals Statt findet, wenn die Steine einer zu austrocknenden Luft ausgesetzt waren. In diesem Falle ist es gut, wenn man die Steine täglich ein- oder zweimal mit Wasser besprengt.

§. 192. De la Faye erzählt ferner a. d. a. O., daß in Alessandria (Piemont) Formsteine gefertigt werden, denen man von ihrer Gestalt den Namen „Prismen" beilegt und die vorzüglich zu den Ecken und Winkeln von Mauern verwendet werden. Zu der Masse dieser Steine nimmt man einen vortrefflichen hydraulischen Kalk aus der Gegend von Casale, der wie gewöhnlich gelöscht wird. Nach 5 bis 6 Tagen, nachdem er eingesumpft ist, schüttet man ihn in die Mitte einer Grube, worin Sand von ungleicher Größe, von dem ordinairen Korn bis zum groben Kies befindlich ist. Dieser Sand ist ausgezeichnet quarzig und enthält einige Kalktheile. Man macht alsdann die Mischung, wobei mit großer Sorgfalt verfahren wird. Hierauf richtet man einen prismatischen Graben von beliebiger Länge

in einem wagerechten Boden vor, der gegen Wasserandrang geschützt ist, und glättet die Wände mit Wasser und der Kelle. Hierin formt man das Prisma durch mehrere Lagen, während man in den Mörtel Kiesel, von gleicher Größe, regelmäßig einstreut, und bedeckt dann das Prisma mit einer Erdschicht von 50^{cm} Dicke.

Das Verhältniß ist auf 1 Cub.-Meter 0,14 Kalkteig, 0,90 gemischten Sand und 0,20 Kiesel. Man giebt den Prismen 1^{m},40 Länge auf 0^{m},8 Seitenlänge. Sie bleiben gewöhnlich drei Jahre lang verschüttet, jedoch genügen zwei, wenn der Kalk von erster Qualität ist; nach dieser Zeit gräbt man sie zum Gebrauch aus. Sie vermögen alsdann großer Belastung zu widerstehen, und werden oft 6 bis 7^{m} hoch aufeinander gethürmt, wobei sich wohl die Kanten abstoßen können, die Steine selbst aber nicht brechen. —

§. 193. **Lebrun's künstliche Steine.** Die Methode von Lebrun besteht darin, daß man hydraulische Kalksteine in ein feines Pulver verwandelt, dasselbe mit Pulver von Holzkohlen oder Coke vermischt (im Verhältniß von 3 bis 4 Theilen des hydraulischen Kalksteins auf 1 Theil Kohlenpulver), die Mischung mit Wasser zum Teig anmacht, aus demselben Ziegel formt, diese in einem Kalkofen brennt und nach dem Brennen die Masse wieder in ein feines Pulver verwandelt. Dieses Pulver, welches Lebrun Hydro nennt, bildet das Hauptmaterial seiner Fabrikation. Die Steine, welche Lebrun liefert, sind von zweierlei Art. Die eine Art, bestehend aus einer Mischung von Hydro und Sand in dem Verhältniß von 1 : 3, dient zur Anfertigung architektonischer Ornamente, wie Pfeiler, Console, Geländer ꝛc, die andere Art blos aus Hydro, welches fest gestampft wird, bestehend, oder mit Hydro überzogen dient zu Platten, Trottoirs ꝛc. Die Stoffe werden in eisernen Formen geformt, mit einem Zusatz von Wasser, wie ihn die Former zum Anfeuchten des Sandes anwenden. Man hat gefunden, daß die aus dieser Masse dargestellten Gegenstände sich nicht zusammenziehen, ihre regelmäßige Form behalten, dem Zerdrücken und der Reibung gut widerstehen und auch gegen atmosphärische Einflüsse sich beständig zeigen.

§. 194. **Künstliche Steine aus Scott's Cement.** Nachdem der Ingenieur Herr Scott die Beobachtung gemacht hatte, daß glühender Kalk, eine Zeit lang Schwefeldämpfen ausgesetzt, sich nicht mehr in Wasser löschte und hydraulische Eigenschaften annahm, hat man nach vielfachen Untersuchungen die Erfahrung gemacht, daß aus jedem fetten Kalk, nachdem derselbe pulverisirt oder besser durch wenig Wasser als trockenes Hydrat gelöscht, durch Beimengung von 5—10%

gebranntem Gyps ein hydraulischer Mörtel entsteht. Zum guten Gelingen der Mörtelbereitung ist es erforderlich, den Gyps zuvor in der nöthigen Menge Wasser zu vertheilen und dann allmählich das Kalkpulver beizufügen. Der Mörtel verträgt viel Sandzusatz. — Es werden aus diesem Mörtel mit Beimischung eines weißen scharfen Sandes in England Steine gepreßt, welche an Eleganz und Festigkeit mit edelen Sandsteinen wetteifern*).

§. 195. Ransome's künstliche Steine. Dieselben werden seit einigen Jahren in großartigem Maaßstabe in einer Fabrik zu East-Greenwich an der Themse erzeugt, sie bestehen im Wesentlichen aus Sand mit Natronsilicat als Bindemittel. Der wichtigste Bestandtheil, das Natronsilicat, wird gewonnen, indem Feuersteine mit einer Lösung von Aetznatron von 1,12 spez. Gewicht und unter einem Dampfdruck von 4,92 Kilogr. pro □Centimeter gekocht werden.

Die Grundidee für das Verfahren wurde dadurch gegeben, daß Ransome zur Erhaltung des gräulich grünen Sandsteins am Parlamentsgebäude in London, der sich bekanntlich in einer besorgnißerregenden Weise der Verwitterung zugänglich zeigte, eine Imprägnirung der Steinmasse mit kieselsaurem Natron unter nachheriger Behandlung mit salzsaurem Kalke vorschlug; aus der Natur beider Stoffe ergab sich deren Krystallisation zu einem unlöslichen Kitt, der durch die Länge der Zeit an Bindekraft zunimmt. Was hier als Nothbehelf ersonnen war, wurde später einem selbstständigen Industriezweige zu Grunde gelegt. Man mischt Sand mit ein wenig feingepulverter Kreide, deren Zweck es ist, die Zwischenräume zwischen den einzelnen Sandkörnern auszufüllen, da das Bindemittel ein möglichst dichtes Aneinanderschließen derselben erfordert, um seine Wirkung vollständig zu machen. Dieser Mischung wird sodann eine Lösung von kieselsaurem Natron (im Handel Natronwasserglas genannt) — auf 9 Volumen trockenes Gemenge 1 Volumen Lösung von 1,7 specif. Gewicht — zugesetzt und das Ganze tüchtig durchgearbeitet. In 4 Minuten ist die Masse zum Formen fertig und eignet sich sowohl zu Steinen in Backsteinform, als auch zu Ornamentsteinen, welche letztere man nach der Feinheit der Masse auch verschieden gut erhält, so daß sie nach der Vollendung entweder roh oder geputzt zu verwenden sind; ein Schwinden hat man bei der Herstellung der Form nicht zu berücksichtigen. Die geformten Steine werden zunächst mit einer

*) Schott, Ueber Scott'schen Cement. Dingler's polyt. Journal 102. Bd. 1. Heft.

gesättigten Lösung von salzsaurem Kalk (Chlorkalcium) übergossen, was die erste Erhärtung bewirkt und dann etwa 3 Stunden lang in dieselbe eingetaucht. Hierdurch dringt die Lösung bis in das Innere des Steins und wird das Natronsilicat in das unverwüstliche Kalksilicat verwandelt. Die ganze Procedur unterliegt keinerlei Schwierigkeiten; nöthig ist jedoch ein geringes Einpressen der Masse in die Formen damit der Zweck der Anwendung der Kreide, das enge Anschließen der Theilchen unter sich, wodurch sich die Festigkeit des Steines bedeutend erhöht — so vollständig als irgend möglich erreicht wird. Man hat auch versucht Kalkmehl statt Kreide anzuwenden, wobei nur auf die völlige Klarheit der einzelnen Theilchen desselben zu achten ist; dem Sande wurden geringe Zusätze von Kohlenasche, Felsengerölle, und andere kleine Körper in Erbsen- bis Haselnußgröße beigegeben; doch fand sich fast stets, daß reiner Sand das vorzüglichste Rohmaterial sei. Läßt man den Kreidezusatz ganz weg, so daß die sonst von demselben ausgefüllten Zwischenräume offen bleiben, so erhält man ein vorzügliches Filtermaterial. Durch die chemische Verbindung der beiden Silicate entsteht ein geringer Ueberschuß von Kochsalz, Chlornatrium, ca. 3 % der ganzen Masse, der durch Douchen mit Wasser ausgespült werden muß. Dieser Umstand verhindert die Anwendung des Verfahrens zur Bereitung von Mauermörtel, da das Salz im Innern der Wände nicht zu beseitigen wäre und so zu fortwährender Feuchtigkeit Anlaß gäbe. Hingegen ist die Masse als äußerer Wandputz vorzüglich zu verwerthen, ebenso als Fußbodenbelag, für den es nur einer festen Unterlage bedarf. Durch Zusatz von Farbestoffen, die durch das Silicat nicht aufgelöst werden, kann man jeden beliebigen Farbenton erzielen, die Naturfarbe ist bei gutem Sande gelblich weiß.

Die künstlichen Steine, welche auf diesem Wege erhalten werden, sollen sich durch scharfe Form, gleichmäßige Farbe, Widerstandsfähigkeit gegen Hitze, Frost und Wasser auszeichnen und wohlfeil sein. Besonders werden die Mühlsteine aus dieser Fabrik gerühmt. —

§. 196. In neuerer Zeit werden auch künstliche Steinmassen aus Portland-Cement dargestellt. In Stettin, Berlin und verschiedenen anderen Orten hat sich derartige Kunst-Stein-Fabrikation bereits zu einem förmlichen Industriezweige erhoben, und es ist thatsächlich erwiesen, daß diese Industrie lebensfähig gegen die Steinmetzarbeit auftreten kann.

Außer den verschiedensten aus Portland-Cement gebildeten architektonischen Verzierungen, als Gesimsen, Consolen u. dergl., ferner

Monumenten, Vasen, Urnen 2c. werden auch schwere Werkstücke dargestellt, im Innern aus mit Cement verbundenen Ziegelsteinen bestehend und außen mit feiner Cementhülle umgeben, so daß die Masse wie aus einem Stein gearbeitet aussieht; z. B. Pfeiler und Säulen, Balkone an Ort und Stelle aus Ziegelsteinen oder Ziegelsteinbruchstücken mit Cementmörtel aufgemauert und mit Cementputz versehen, Treppenstufen in gleicher Weise angefertigt, ganze Treppen wie aus einem Stein bestehend, Krippen für Pferde und Rindvieh mit sehr glatten leicht zu reinigenden Oberflächen, ferner Flurplatten, oder auch an Ort und Stelle gearbeitete Fußböden und Trottoirs, Thür- und Fenstereinfassungen, Mauerdeckungen, Wasserleitungsröhren 2c.

Die Darstellung künstlicher Steinmassen mittelst Portland-Cement geschieht entweder durch Guß oder durch Bearbeitung mit der Kelle. Zu Gußarbeit werden Formen von Gyps, Zink, von elastischer Gelatine-Masse, von Gutta-Percha u. a. m. angewandt. Bei größeren Formen werden zur Ersparniß von Cement nach dem Eingießen des Mörtels gut genetzte Ziegelsteinbrocken zur inneren Ausfüllung in den Cement eingedrückt.

Die meisten Kunststein-Arbeiten werden indeß mit der Kelle und durch Ziehen mit der Chablone ausgeführt, indem der zu bildende Steinkörper aus dem Rohen von Ziegelstein oder Ziegelstein-Bruchstücken mittelst Cementmörtels aufgemauert und mit glattem Cementverputz versehen wird. Zu diesem Zusammenmauern wie auch zum Verputz kann der Cement mit Sand versetzt werden. Nachdem der Verputz mit hölzernem Reibebrett geebnet oder in die gewünschte Form gebracht ist, wird die glatte Oberfläche dargestellt, indem man etwas reinen Cement mit Wasser dünn anrührt und auf die Fläche aufträgt, jedoch nur so dünn, daß eben die Poren zwischen den Sandkörnern erfüllt werden. Alsdann wird durch Reiben mittelst einer polirten eisernen oder besser stählernen Reibeplatte eine vollkommen geglättete Fläche hergestellt. Es gehört einige Uebung dazu, den richtigen Strich sich anzueignen, sowie den richtigen Zeitpunkt zu treffen, wo das Reiben beginnen und aufhören muß. Nach einiger Erfahrung aber wird es nicht schwer fallen, eine künstliche Steinfläche von glattem und sauberem Ansehen auszuarbeiten.

Sollen Fußböden und Trottoirs ausgeführt werden, so versteht es sich von selbst, daß eine feste Unterlage gegeben sein muß. Nachdem also der Boden recht festgestampft ist, lege man in Kalk- oder besser in Cementmörtel entweder eine Rollschicht oder eine flache Schicht von Ziegelsteinen und trage darauf den Cement mit 2—3 Theilen

Sand versetzt. Wenn die Steinunterlage in Kalkmörtel gelegt wird, so ist indeß darauf zu achten, daß die Fugen etwas offen bleiben, damit durch das Eingreifen des aufgetragenen Cements eine festere Verbindung der Steine bewirkt wird. Auch ist darauf zu sehen, daß die Oberfläche der Ziegelsteine nicht mit Kalkmörtel verunreinigt werde, indem sonst der Cement sich nicht so fest mit den Steinen verbinden kann. Die Oberfläche des Cementauftrags wird alsdann in oben angegebener Weise geglättet.

§. 197. Hierher gehört auch Wilson's künstliche Steinmasse zu Platten, Fließen, Kamineinfassungen u. dergl. Das Verfahren der Anfertigung ist folgendes:

Man nehme $^1/_4$ Hektoliter (7,3 preuß. Metzen) Flußsand und $^1/_8$ Hectoliter (3,6 preuß. Metzen) lebendigen pulverisirten und gesiebten Kalk; mische diese mit hinreichendem Wasser und knete sie 3 oder 4 Tage lang jedesmal eine halbe Stunde, jedoch ohne Wasserzuthat.

Hierauf mische man zu 9 Liter Wasser 1 Liter (nahezu $^1/_2$ preuß. Quart) zerlassenen Leim und $^1/_4$ Pfund Alaun, in heißem Wasser gelöst.

Um die Steinmasse zu bereiten, nimmt man einige Schaufeln voll der Mischung von Kalk und Sand, bildet in der Mitte eine Vertiefung, in welche man $^3/_4$ Liter Leim- und Alaunlösung gießt und noch 3 bis 4 Pfund Gyps hinzufügt. Die Mischung wird gut gerieben und geknetet, bis sie eine dichte Masse bildet.

Diese Masse drückt man in hölzerne Formen, die auseinandergenommen werden können und die man mit einer Mischung von 1 Theil Leinöl und 1 Theil Kalkwasser ausstreicht.

Bei dem Formen von Gesimsstücken und andern größeren Gegenständen füllt man die Form halb voll mit der gedachten Masse, legt dann der Länge nach starken Eisendraht und Hanffasern ein, drückt die Form voll, und bringt einen Deckel darauf.

Man stellt sie nun unter eine starke Schraubenpresse, worin sie 20 bis 30 Minuten oder bis zur nöthigen Erhärtung der Masse bleibt. Hierbei ist nöthig, daß man die Form mit eisernen Reifen umgebe, die durch Vorsteckkeile zusammengehalten werden.

Nach dem Trocknen werden die von der Form befreiten Gegenstände mit Alaunwasser eingerieben und mit einer Kelle geglättet, auf die man etwas dünnen Gyps genommen hat.

§. 198. Orsi's künstliche Steinmassen (Metalllava). Diese bestehen aus feinen Steinbrocken, die durch ein harziges Bindemittel miteinander vereinigt werden. „Braune Metalllava" soll aus 3 Theilen Sand, 2 Theilen Kalkstein, 1 Theil Theer und $^1/_{10}$ Theil

Wachs und irgend einer Mineralfarbe hergestellt werden. Diese Masse eignet sich auch zur Anfertigung von Röhren. Zu diesem Behufe umwickelt man einen runden Holzstab mit Papier und rollt ihn auf der weichen heißen Composition so lange herum, bis sich eine hinlängliche Menge davon angelegt hat; nun bindet man mehrere starke Drahtstücke der Länge nach durch Umwickeln mit dünnem Draht um die Röhre, um ihr eine größere Haltbarkeit zu geben, und rollt die letztere abermals auf der Asphaltmasse herum, bis der Ueberzug den Draht völlig bedeckt hat, worauf man den Holzkern herauszieht.

§. 199. „Metalllava für Ornamente" wird in den verschiedensten Farben aus 3 Theilen Marmor, 2 Theilen Quarz, 1 Theil Harz und $^1/_{10}$ Theil Wachs dargestellt; der Billigkeit wegen gießt man aus dieser Masse nur dünne Tafeln und befestigt auf der untern Seite eine dickere Tafel von brauner Lava. Das Schleifen und Poliren der oberen Fläche geschieht ganz auf dieselbe Weise wie bei den Marmortafeln.

§. 200. Künstliche Steinmasse zu Hausfluren, Frucht- und Heuböden u. dergl. Man mische 1 Centner zu Pulver gelöschten Kalk und 3 Centner durch ein feines Drahtsieb geschlagene Torf-, Steinkohlen- oder Braunkohlenasche mit Wasser zu einem dicken Brei. Nachdem beide Theile gut vereinigt worden, setze man noch 1 Pfund Kaliwasserglas von 33 Proc., welches vorher mit circa 3 Pfd. Wasser verdünnt worden, hinzu und rühre abermals gut um. Diese Masse kann auf Stein, Holz, Lehm 2c. aufgetragen werden, sie trocknet binnen 7—8 Tagen zu einer äußerst festen Masse, auf welche weder Luft, Wasser, Hitze noch Kälte zerstörend einzuwirken vermögen; durch Schleifen und Poliren wird sie dem Marmor vollkommen ähnlich und giebt schöne Hausflurböden. — Eine andere ähnliche künstliche Steinmasse besteht aus 1 Centner zu Pulver gelöschtem Kalke, 1 Centner reinem Quarzsand mit 2 Centner durch ein grobes Drahtsieb geschlagener Torf-, Steinkohlen- oder Braunkohlenasche. Diese werden mit reinem klaren Wasser zu Brei angerührt und dieser Mischung dann noch 1 Pfd. 33procentiges Kaliwasserglas, welches vorher mit 1 Pfd. Wasser verdünnt worden, zugesetzt. Diese Masse kann zu Wasserbehältern, Deckplatten 2c. auch als hydraulischer Mörtel mit Mauerziegeln verwendet werden.

*) Ueber die Anfertigung aller möglichen Arten von Estrichen, Tennen, Terrazzo's und Mosaikfußböden siehe des Verfassers Werk: „Der Gypsbrenner, Gypsgießer und Gypsbaumeister, sowie Tünch- und Stuckarbeiter." Mit 130 Holzschnitten. Leipzig 1864, Theod. Thomas.

XXXI.

Von den Kitten (Mastics).

§ 201. Die Kitte werden entweder als Bindemittel von steinernen, gläsernen, hölzernen, eisernen Gegenständen oder zu deren Bekleidung gegen den Angriff des Wassers gebraucht.

Man theilt die Kitte ein, in: a) Käse-, Blut- oder Rostkitte, b) Oel- oder fette Kitte, c) Harz- oder bituminöse Kitte.

Wir führen nachstehend nur die bewährtesten Zusammensetzungen auf; indem es unmöglich ist, alle die zu Kitten zum großen Theil als Geheimniß angegebenen Vorschriften mitzutheilen. Man hat von jeher viel an ihnen gekünstelt, Substanzen beigemischt, von denen weder eine chemische, noch mechanische Wirkung abgesehen werden kann.

a) Käse-, Blut- und Rostkitte.

§ 202. Kitte von Käse und Kalk. Man wendet dazu entweder frische aus der geronnenen Milch ausgeschiedene Käsemasse oder getrockneten Käse an. Die erstere reibt man unmittelbar mit dem Aetzkalk (oder frischem Mehlkalk) ohne weitere Zuthat auf einem glatten Steine zusammen, bis eine weiche sich ziehende Masse, ohne Spur von Kalkkörnern entsteht. Den andern schneidet man in dünne Scheiben und rührt und kocht ihn so lange mit Wasser, bis er zu einer ganz zähen terpentinähnlichen Masse geworden ist, gießt das Wasser ab und knetet in einem warmen Mörser so viel luftzerfallenen Kalk hinein, daß eine weiche bildsame Masse erhalten wird, die man sogleich verwenden muß, da sie rasch erhärtet; der Käse nimmt dabei höchstens $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes an Kalk auf.

Bedarf man größere Massen, so kann man vorher den Kalk mit etwa seinem gleichen Gewicht feinen Sandes oder Ziegelmehls vermengen und diesem so viel Wasser zusetzen, daß sie einen recht steifen Mörtel bilden, ehe man den Käse zerreibt.

Rich. Willms empfiehlt 84 Theile Sand, 11 Theile Kalk, 10 Theile Wasser, 4 Theile frisch ausgepreßte Käsemasse.

Andere empfehlen fein gesiebten Aetzkalk, frische Käsemasse und fein geriebenen Sandstein mit Eiweiß in einem Mörser oder auf einem Reibsteine zu einer feinen Masse verrieben; oder geschlagenes Eiweiß und Molken mit fein gesiebtem ungelöschten Kalk und Steinstaub von der Steinart, welche man verkitten will, zu einem steifen

Brei angemacht. Beides geben Kitte, die Steinwerk vereinigen, auch an feuchten Orten gut halten und zum Repariren von Bildhauerarbeiten verwendet werden können.

Man kann auch Buttermilch, so lange bis sie gerinnt und sich abscheidet, kochen, die überstehende Flüssigkeit wird dann abgegossen und die Molken in ein Leinwandtuch gebracht und ausgepreßt. Indem man nun 2 Theile davon mit 1 Theil ungelöschten fein gesiebten Kalk gehörig untereinander arbeitet, erhält man einen Kitt, der schnell trocknet und gut bindet. Dieser Eigenschaft wegen muß man ihn unmittelbar nach der Bereitung in Anwendung bringen.

Diese Käsekitte werden theils auf Stein (auch zum Zusammenkitten zerbrochenen Porzellans), theils auf Holz, theils zum Anstrich hölzerner Wände 2c. und über Kalkputz angewendet. Vorzüglich gut sind sie auch zum Leimen der Tafeln bei Fußböden aus zusammengefügten Brettern.

Frische Käsemasse, mit Roggenmehl und Kalkmilch angemacht, dient zum Ausfüllen der Löcher an Steinblöcken (Mühlsteinen) u. dgl.

§. 203. Der Universal- oder Parolikitt von Gill ist ebenfalls eine Käsekitt; derselbe läßt sich in gut verschlossenen Gefäßen Jahre lang aufbewahren und wird in folgender Weise bereitet. Man breitet den geronnenen Theil der Milch (sog. Schmierkäse) auf Leinwand aus und trocknet ihn an der Luft unter fleißigem Umwenden und Zerkleinern gut aus. Ist der Käse ganz trocken geworden, so schüttet man ihn in eine wohl gereinigte, besser in eine ganz neue Kaffeemühle, mahlt ihn so fein wie Gries und trocknet ihn in einem Darrofen nochmals; 3 Pfd. gepreßte Käsemasse geben 1 Pfd. dieses getrockneten Pulvers. Zu 90 Theilen dieser Kittmasse setzt man 10 Theile gepulverten gebrannten Kalk und 1 Theil Kampfer-Pulver (pulverisirbar durch Befeuchten mit wenig Weingeist), reibt alles gut zusammen und bewahrt die Mischung in wohlverschlossenen kleinen Flaschen. Beim Gebrauche reibt man das Pulver mit wenig Wasser zu einem Teige an, verschließt aber, wenn noch ein Rest in der Flasche verbleiben sollte, wieder sorgsam, weil dieser Kitt an der freien Luft leicht und bald verdirbt. Es ist dieß ein vorzüglicher Steinkitt, der auch zum Verkitten eiserner Wasserröhren und bei Holzwerk 2c. gebraucht werden kann; ist er einmal erhärtet, so vermag ihn selbst heißer Dampf nicht zu lösen. —

§ 204. Blutkitte. Einen Steinkitt erhält man, wenn man gleiche Theile zu Staub zerfallenen Kalk und pulverisirten Röthel mit einander mischt und mit Rindsblut zu einem geeigneten Brei

anrührt. Man bestreicht damit gut die Fugen der Steine, fügt sie aneinander und preßt sie zusammen oder hält sie, bis die Erhärtung erfolgt ist, mit Bindfaden oder Stricken fest zusammen.

Einen wasserfesten Kitt erhält man, wenn man Kalk in Ochsenblut löscht, und bis zur teigartigen Consistenz feines Ziegelmehl darunter mischt, oder wenn man 1 Theil Mennig, 2 Theile Kalk und 2 Theile Eiweiß untereinander mischt.

Auch durch Zusammenkneten von Eisenfeilspähnen, ungelöschtem, aber frisch gebrannten Kalk und pulverisirtem Glas mit Eiweiß und Rindsblut zu einem consistenten Teige erhält man einen zu Wasserbauten geeigneten Kitt.

Ein guter Eisenkitt besteht aus: Ziegelmehl, gebranntem Kalk, gebranntem Gyps, Silberglätte, gepulvertem Glas, Kochsalz, von jedem 1 Theil, fein gepulvertem Hammerschlag 3 Theile, und etwas Feilspähne werden mit Rindsblut zu einem Teige gemacht.

Einen kittartigen Ueberzug zum Anstreichen von hölzernen Dachbedeckungen erhält man durch 30 Pfund Rindsblut und 4 Pfund gebrannten Kalk, welche zusammengemischt werden und durch Zusatz von Wasser wird der Masse die nöthige Consistenz ertheilt. —

§. 205. Rost- oder Eisenkitte. Die Mischungsverhältnisse dieses Kittes werden sehr verschieden angegeben; in allen Fällen ist es sehr gut, wenn ein starkes Rosten der Feil- oder Bohrspäne stattfindet; eine jede Composition, die dieses veranlaßt, erscheint deshalb als tauglich.

Gewöhnlich nimmt man:

100 Pfd. rostfreie Feil- oder Bohr- (Dreh-)Spähne,
$^3/_4$ „ Salmiak,
$^1/_2$ „ Schwefelblumen.

Von diesem Verhältniß geht man mit Verminderung der Eisenspähne herab und nimmt z. B.

30 Eisenspähne, 1 Salmiak, 1 Schwefel.

Feilspähne sind allerdings besser als Dreh- und Bohrspähne, in denen stets Staub und Graphit sich befindet; man wird aber in den wenigsten Fällen solche Massen von jenen aufbringen, als zu den Verkittungen gewöhnlich gebraucht werden. Die Spähne werden durch ein Sieb getrieben, so daß die größten Stücke höchstens wie ein Rapskorn sind. Der Salmiak wird ebenso gröblich gepulvert, die ganze trockene Masse gut gemengt, und mit Urin angefeuchtet. Unter beständigem Durcharbeiten und Schlagen, wiederholtem Anfeuchten wird sich die Masse bald erhitzen, trocken und brüchig werden. In

diesem Zustande wird der Kitt in die Fugen (der zu kittenden gußeisernen Cisternen, Röhrenleitungen, Dampfmaschinen, Kessel, Oefen ꝛc.) gebracht, und so fest als möglich mit Stemmeisen und Hammer eingetrieben. Dabei wird der Kitt wiederum feucht, sogar ganz weich. Man verstreicht zuletzt die Fugen ganz glatt und läßt solche Verkittungen wenigstens zwei Tage anziehen und trocknen. Als Zeichen einer guten Verkittung erscheinen dann auf der äußern, zuerst hart gewordenen Rinde hier und da schwärzliche Tropfen. —

Es versteht sich von selbst, daß nur eiserne Theile damit verkittet werden können, und daß die Flächen, welche hiermit dicht gemacht werden sollen, ganz rein metallisch, rostfrei sein müssen. Die geringste Spur von Fett verhindert das Angreifen; ebenso faßt er nicht auf getheerten Kesseln. Man kann denselben in einem eisernen Topfe, fest eingestampft, und mit Wasser übergossen, lange aufbewahren. Will man davon gebrauchen, so gieße man das Wasser in ein anderes Gefäß ab und setze der herausgenommenen Masse noch so viele Eisenspähne zu, bis sie die geeignete Consistenz zum Verarbeiten hat. Jenes Wasser wird nachher wieder aufgeschüttet. —

Noch eine andere Zusammensetzung eines feuerfesten Eisenkittes, die vortheilhaft an Gebläsen und Windleitungen, Winderhitzungsapparaten gebraucht wird, ist folgende:

15 Theile Eisenspähne,
5 „ Lehm,
1 „ Kochsalz.

Dieses kann mit Wasser und Essig (von jedem die Hälfte) oder mit Urin angemacht werden. —

Wenn man Hammerschlag oder Eisenfeilspähne glühet, in Wasser ablöscht, zu Pulver mahlt, mit Kalk, Sand, Glaspulver, Ziegelmehl, Schlackenpulver ꝛc. mit Wasser oder ohne Kalk mit Essig zu Mörtel anmacht, und diese Masse in die Fugen, welche für Wasser undurchdringlich werden sollen, fest einstampft, so versteinert sie sich.

Solcher Kitt bindet nicht augenblicklich, er versteinert sich erst durch lange Einwirkung des Wassers und der Luft, hat aber den Vortheil, daß er nicht auszutrocken braucht, ehe man ihn unter Wasser setzt. Wenn auch Anfangs Wasser durchdringt, so dauert das nicht lange.

Buchner empfiehlt 6 Theile Eisenfeilspähne, 1 Theil geglühten feinen Kieselsand, 1 Theil gepulverten frischen Kalk, alles mit Wasser zu steifem Mörtel angemacht; oder 6 Theile Eisenfeilspähne, 1 Theil geglühten Kieselsand, mit Essig zu steifem Mörtel gemacht.

§. 206. Thonkitte. Reiner, fetter, fein geschlemmter Thon mit reinem Sande, 1/6 Ziegelmehl, 1/6 feinem Hammerschlage, 1/6 fein gesiebter Asche geben einen guten Thonkitt für Ofenkacheln, 1/6—1/8 Bleierz erhöht dessen Güte. (Asche, Sand, Hammerschlag ꝛc. erzeugt im Feuer eine Sinterung und dadurch größere Festigkeit und Dauer.) Um das Reißen des Speisethons bei Kachelöfen und eisernen Oefen zu vermeiden, ist es immer nöthig, denselben möglichst zu entfetten, oder ihn mit Pferdemist, Brech- oder Gersten-Annen (Flachsschäbe) zu versetzen.

6 Theile gelber Thon mit 1 Theil Eisenspähnen, mit etwas Leinöl verdünnt, und geschlagen geben einen Eisenkitt. Einen sehr festsitzenden, hart werdenden Kitt geben: Gummiauflösung, Thon und Eisenfeilspähne. Zum Beschlag für Oefen, Röhren ꝛc. dienen 10 Theile Thon, 15 Theile Ziegelmehl, 4 Theile Hammerschlag, 1 Theil Kochsalz, 1/4 Theile Kälberhaare, alles mit Wasser gut gemengt und steif aufgetragen: ferner zum Retortenbeschlag 10 Theile feuerfesten Thon, 1 Theil gemeinen Töpferthon, 2 Theile groben Sand, 1/16 Pferdemist, alles mit Wasser möglichst gleichförmig geknetet. Beim Auftragen werden alle durch das Trocknen entstehenden feinen Risse mit der Hand zugedrückt; man trägt so nach und nach mehrere Lagen bis 7^{cm} dick auf. Ein steifer Brei von gleichviel Thon und fein gepulvertem Porzellankapselpulver giebt ebenfalls einen guten Beschlag des Eisens bei Heiz-, Schmelz-, Brenn-, Siedöfen, Bratröhren, Siedpfannen, Kesseln ꝛc. Dadurch wird dasselbe gegen Verbrennung mehr geschützt und die Erhitzung gleichförmiger und gemäßigter nach Außen wirkend, stärker in geschlossenen Ofenräumen zusammengehalten.

Einen guten Ofenkitt erhält man auch, wenn man gesiebte Buchenasche mit gesiebtem Lehm zu gleichen Gewichtstheilen vermischt und etwas Kochsalz dazu thut. Die Mischung wird mit soviel Wasser angefeuchtet, daß man einen genügend festen Teig erhält. Um mit diesem Kitt die Fugen eines Ofens zu verstreichen, muß er vorher abgekühlt sein; er berstet nicht und nimmt eine außerordentliche Härte an.

Zwei Theile sehr fein gesiebter (nicht oxydirter) Eisenfeilspähne und ein Theil vollkommen getrockneter und gepulverter Lehm werden mit scharfem Essig so lange nach allen Seiten geknetet, bis das Ganze eine vollkommen gleichförmige plastische Masse darstellt. Dieser Kitt erhärtet schnell und widersteht sodann dem Feuer und Wasser, derselbe muß vor jedesmaligem Gebrauche frisch zubereitet werden, weil er einmal erhärtet nicht wieder verwendet werden kann. —

b) Oel- oder fette Kitte.

§. 207. **Fensterkitte.** Zur Darstellung desselben nimmt man geschlämmte Kreide, knetet und verarbeitet sie mit Leinölfirniß so lange, bis eine zähe Masse daraus entsteht. Man kann ihn auch mit ungekochtem Leinöl bereiten; er erhärtet dann aber nicht so schnell. Man bewahrt ihn am besten in thierischen Blasen auf oder in mit Oel getränkter Leinwand; wird er dagegen unter Wasser aufbewahrt, so muß er in wenigen Tagen schon neu umgeknetet werden. Oder auf 1 Berliner Quart Leinöl, welches mit 1 Loth Silberglätte zu Firniß gekocht wird, nimmt man 1 1/2 Pfund Bleiweiß und 1 1/2 Pfund geschlämmte Kreide; das Ganze muß mit der Hand so geknetet werden, daß sich der Kitt ganz bildsam und geschmeidig zeigt. An Güte gewinnt derselbe, je älter er wird, wenn man dafür sorgt, daß er nicht durch Trockenheit erhärtet.

Der sog. **Pariser Fensterkitt** wird aus 7 Theilen gutem Leinöl und 1 Theil gemahlener Umbra, die miteinander gekocht werden, bereitet, alsdann fügt man, so lange die Mischung noch warm ist, 1/4 Theil Wachs hinzu. Hierauf läßt man abkühlen und knetet 11 Theile Bleiweiß und 5 1/2 Theile geriebene Kreide hinein.

Eine andere Vorschrift besteht aus 2 Loth Mennig, 1 Loth Bleiweiß, 1 Loth gebranntes Fischbein, 1 Loth gebrannte Umbra, 1 Loth Silberglätte, 2 Loth feinstes Ziegelmehl. Diese Theile werden mit dick gekochtem Leinölfirniß abgerieben und hierauf mit Bernsteinlack zu einem Teige angerührt. Der Kitt ist zwar theuer, aber auch sehr haltbar und kann auch dann zur Verkittung von andern Glaswaaren benutzt werden.

§. 208. **Kitt, der den Einflüssen der Luft und des Wassers widersteht.** Man zerreibt und siebt 1/2 Pfund Silberglätte, bringt dieselbe in einen irdnen Topf, gießt 3 Pfund Leinöl darüber, setzt den Topf dann über Feuer, läßt bei starkem Umrühren kochen, nimmt dann 5 Pfund ungelöschten Kalk, 2 Pfund Ziegelmehl, 1 Pfund Hammerschlag, 1/2 Pfund Schwefel und treibt alles durch ein Haarsieb, wonach man es mit dem Leinöl zu einem Teig verarbeitet. Will man diesen Teig gleich als Kitt anwenden, so setzt man ihm 1 Pfund Terpentin zu und bestreicht die Fugen vor dem Einlassen mit Leinöl, auch mischt man dem Kitt etwas Kuhhaare vor dem Gebrauch mit unter. —

Zu Mauerwerk, das beständig im Wasser ist, nimmt man 5 Pfund Kalk, 2 1/2 Pfund Ziegelmehl, 1/2 Pfund Hammerschlag,

$^1/_4$ Pfund Glaspulver, 2 Pfund Leinöl. Zu Mauerwerk, das bald naß, bald trocken ist: $5^1/_4$ Pfund Mehlkalk, $2^1/_2$ Pfund feines Ziegelmehl, $^1/_4$ Pfund Glaspulver, 2 Pfund Leinöl; zu Geschirren: 1 Theil Mehlkalk, 1 Theil feines Ziegelmehl, 4 Theile Bleiglätte, alles, dem Raume nach, mit Leinölfirniß zu Brei gerührt. Kalk und Ziegelmehl müssen ganz trocken gestoßen und gesiebt sein.

Vom vorher gekochten Leinöl nimmt man anfänglich blos soviel, daß beim Schlagen kein Staub entsteht. Die gestoßene Masse wird gesiebt, mit $1^1/_2$ Pfund Leinöl zum steifen Teig in einem großen Mörser gestoßen oder geschlagen; das übrige Oel gar zugethan. Diese Masse wird auf einer Steinplatte mit einem schweren Hammer gehörig durchgeschlagen, so daß der breite Kuchen immer von allen Seiten wieder zusammengelegt und geschlagen wird. Ein Mann schlägt täglich bloß 10 Pfund, wenn er nicht nachlässig verfährt. Ueber drei Tage darf man keinen Vorrath machen. Dieser wird in feuchtem Papiere, oder Tüchern in Kellern oder an frischen Orten aufbewahrt.

Beim Kitten des Mauerwerks werden die Fugen ganz getrocknet, und zuvor einigemal mit Leinöl ausgestrichen, worauf der Kitt tief eingepreßt wird. Kleine, anfangs entstehende Risse werden mit Oel bestrichen und von Neuem verkittet. Graue oder röthliche Farbe erhält man durch etwas Schwärze oder Bolus.

Ein Kitt zur Verdichtung der Fugen zwischen Kupfer und Sandstein besteht aus: 7 Theile Mennige, 3 Theile Silberglätte, 3 Theile Bolus, 1 Theil Glaspulver, 2 Theile Leinölfirniß. Anstatt der Mennige nimmt man besser halb so viel Bleiweiß, welches sich bei Kupfer oder Blech länger hält.

§. 209. Man erhält einen sehr guten Oelkitt, womit man Steine, Glas, Holz, Porzellan 2c. kitten kann, und zwar so, daß sich die Bruchstücke nie wieder trennen, wenn man ein ziemlich großes gut ausgebranntes Stück Kalk einen Augenblick in Wasser taucht und es dann auf ein Brett legt, worauf es gleich zu einem Pulver zerfällt, wovon man 12 Loth in zwei gleiche Theile theilt. Man mischt nun zu dem einen Theil 4 Loth Weizenmehl und 4 Loth gekochtes Leinöl, verarbeitet dieses gehörig miteinander und setzt der Mischung, sobald dies geschehen, nach und nach 3 Quent recht klein gezupfte Baumwolle unter beständigem Umrühren mit einem kleinen Stäbchen und durch Aufstreuen die übrigen 6 Loth zerfallenen Kalk zu, worauf der Kitt fertig ist. Bei Anwendung desselben müssen die Steine vorher mit Leinöl angefeuchtet werden.

Will man den Kitt vorräthig halten, so schlägt man ihn gleich nach der Bereitung in ein mit Leinöl angefeuchtetes Tuch ein oder füllt ihn in eine ausgeölte Blase, die man an einem feuchten Orte oder im Keller aufhängt. —

§. 210. Steinkitte. 3 Maaß Steinkalk, welcher ohne Einwirkung von Wasser nur an der Luft zerfallen sein muß, werden mit 1 Maaß Eisenfeilspähne, $1 \frac{1}{4}$ Maaß fein geriebenem Kieselsand, $1 \frac{1}{4}$ Maaß fein gestoßenem Glas, $1 \frac{1}{2}$ Maaß feinstem Ziegelmehl, $1 \frac{1}{2}$ Maaß pulverisirtem Bimstein und 2 Hände voll geklopfter Kuh- oder Rehhaare gemischt und das Ganze hierauf mit $2 \frac{1}{2}$ Flaschen Leinöl mittelst eines Rührscheides durcheinander gearbeitet.

Ist die Masse alsdann zu trocken, so setzt man noch etwas Leinöl zu, und im umgekehrten Falle soviel des angegebenen Pulvers, als zur Darstellung eines mäßig steifen Teiges erforderlich ist.

Die Fugen oder Risse, welche mit diesem Steinkitt ausgefüllt werden sollen, müssen vorher mit Leinöl, in welches man Bleiweiß und Silberglätte eingekocht hat, gut bestrichen werden.

Steinkitt für Marmor und andere Steine. 9 Theile feines Ziegelmehl, 1 Theil fein geriebene Bleiglätte, die man mit soviel Leinöl verarbeitet, um daraus einen Kitt von der Consistenz eines Pflasters herzustellen. Vor Anwendung dieses Kittes bestreicht man die Steine mit einem nassen Schwamme. Dieser Kitt eignet sich auch zum Ueberstreichen und Bekleiden von Bassins. Oder: man nimmt dazu Eiweiß, Bleiweiß und Leinöl-Firniß von jedem gleich viel und ein Viertel soviel Mennige; vor Anwendung dieser Stoffe zerschlägt man das Eiweiß, die Mennige und das Bleiweiß mengt man als feines Pulver zum Firniß und Eiweiß. Hiernach macht man die Marmorstücke warm, belegt sie mit dieser Masse, die dann fest binden wird. Der Marmor bindet nur so lange als er warm ist, nie aber in kaltem Zustande. —

Steinkitt für Sandsteine. Man nimmt 20 Theile trocknen feinen Sand, 2 Theile fein gepulvertes Bleioxyd und 1 Theil zu Pulver gelöschten Kalk und setzt diesen Theilen Leinöl und Leinölfirniß zu, um daraus einen Kitt zu machen.

§. 211. Mastic von Thenard. Man menge 93 Theile Ziegelmehl und 7 Theile fein zerstoßene Bleiglätte und mache dieses Pulver mit reinem Leinöl zu einem dicken Brei. Diese Masse, im Bestande eines weichen Gypses, wird wie dieser aufgetragen, nachdem man die zu kittenden Flächen mittelst eines Schwammes mit Wasser benetzt hat. Dieser Mastic wird sehr hart, nach 3—4 Tagen

ist die Erhärtung vollendet. Derselbe ist zum Kitten von Steinen und überall, wo man dem Eindringen des Wassers vorbeugen will, anzuwenden. Kleine Risse werden mit der nämlichen Masse wieder ausgebessert.

§. 212. Dihl's Kitt wird aus Porzellankapselscherben angefertigt, welche zum feinsten Pulver gemahlen werden; man trägt dasselbe mit Leinölfirniß auf. Statt der Porzellankapseln kann auch anderes gebranntes Töpferzeug, Scherben von Schwefelsäure-, Scheidewasserflaschen, irdenen Röhren, Ziegelsteinen gebraucht werden; letztere sind aber am wenigsten gut.

Man hat bei den Festungsbauten zu Rochelle neue Versuche über Mastics gemacht und ist dabei auf eine Zusammensetzung gekommen, die in ihren Eigenschaften mit dem im Handel vortheilhaft bekannten Dihl'schen Kitt übereinzukommen scheint.

Sie enthält:

Kiesigen Sand 14 Volumtheile, pulverisirte Kalksteine 14 Volumtheile, pulverisirte Bleiglätte $1/_{14}$ des Gewichts von dem Sand und Stein zusammen, Leinöl $1/_7$ des Gesammtgewichts.

Diese Pulver müssen gut gemengt und dann mit Leinöl angemacht werden; zuvor aber ist es wesentlich, den Sand und das Kalksteinmehl in einem Ofen stark zu trocknen, indem davon die innigere Verbindung des Oels mit den Pulvern abhängt; man kann die Hitze bis zum Anfang der Calcinirung treiben. Auch bei diesem Mastic darf die Vorsicht nicht unbeachtet bleiben, daß man den Körper, woran er binden soll, mit siedendem Leinöl bis zur Sättigung tränkt.

Der Dihl'sche Mastic wird auch zum Bedecken von Terrassen und Gebäuden (mittelst 6mm dicker Platten, bestehend aus einem Drahtnetze, beiderseits mit Kitt), zum Ausschlagen von Wasserreservoirs, zum Vergießen der Werkstücke 2c. gebraucht.

§. 213. Mastic von Corbel. Dieser zum Ausstreichen der Steinfugen, die der Witterung bloßgestellt sind, ausgezeichnete Mastic besteht aus: 3 Kilogramm Ziegelcement, gut gepulvert und gesiebt, 0,50 Kilogramm Bleiglätte, 0,50 Kilogramm Bleiweiß, 1,5 Kilogramm ordinaires Leinöl zum Anrühren und 0,50 dergleichen gekocht als Siccativ.

Man muß sorgen, daß das Cementpulver, Bleiweiß und die Glätte in vollkommen trocknem Zustande sind, damit sie das Oel leichter annehmen und der Mastic schneller trockne. Auch müssen die Steinfugen recht trocken, ausgestochen oder gereinigt werden, weil

sich der Mastic sonst mit den Steinen nicht verbinden und bald nach dem Verstreichen aus den Fugen fallen würde.

Auch der Mastic von Corbel scheint viel Analogie mit dem von Dihl, dessen genaue Zusammensetzung nicht bekannt ist, zu haben, zu demselben Gebrauch zu dienen, dabei aber weniger zu kosten. Man kann mit Erfolg das Ziegelpulver durch Thoncement vertauschen und das Bleiweiß durch Puzzolane ersetzen; denn das Bleiweiß kann neben der Glätte keine besondere Rolle bei der Erhärtung des Mastic haben.

§. 214. Mastic von Fiennes. Dieser zum Ausstreichen der Fugen sehr brauchbare Kitt wird aus 2 Theilen hydraulischem Kalk, der durch Aussetzen 8 bis 10 Tage lang in einem Keller zerfallen und durch ein feines Sieb getrieben worden, und 2 Theilen eines guten, frisch gepulverten und gesiebten Cements bereitet. Man knetet die Mischung wie Brodteig mit einem Theil Leinöl, in allmäligen Zusätzen. Vor der Anwendung knetet man die Massen nochmals durch, kratzt die Fugen tief aus und entfernt allen Staub; hierauf werden die Fugen mittelst eines Pinsels mit gekochtem Leinöl ausgestrichen; ein zweiter Arbeiter aber drückt sofort den Mastic mit einer kleinen Kelle ein. Dieser Kitt ist gleich gut an der Luft, unter Wasser und wo Feuchtigkeit und Trockne wechseln. Ein von Vauban angegebener Mastic hat ähnliche Zusammensetzung. —

§. 215. Hammann's Oelkitt für Terrassen und Wasserbehälter. Derselbe wird im Trocknen und Nassen vielfach angewendet und besteht aus: 5 Pfd. ungelöschtem Kalkstaub, $1\frac{1}{2}$ Pfd. Kieselmehl (weißer Quarz), $1\frac{1}{2}$ Pfd. in Klumpen geschmolzene (Schlacken von) Kalksteine oder Ziegel, oder statt derselben weiße Scherben von Steingut, pulverisirt, 24 Loth Glasmehl, 24 Loth Hammerschlag oder Feilspähne, $1\frac{3}{4}$ Pfd. Leinölfirniß. Die Ingredienzien werden durch ein Haarsieb gelassen, von dem Oel $1\frac{1}{2}$ Pfd. dazu geschüttet und die Masse so lange gestampft, bis sie einen trocknen Brei bildet, dann auf eine Steinplatte gebracht und mit einem eisernen Spatel oder Hämmern unter Zuschütten des noch übrigen Oels zu einer weichen Masse geschlagen. Ein Klumpen muß sich dann in der Hand dünn drehen lassen. Beim Gebrauche werden die Fugen mit Leinölfirniß ausgestrichen und das Gekittete bis zum Trocknen, also einige Stunden, vor dem Einfluß der Sonne bewahrt. Der Kitt erhärtet schnell, man muß ihn daher immer frisch bereitet anwenden. —

In England wird ein billiger Oelcement für architectonische Zwecke aus Straßenstaub von Basaltstraßen hergestellt. Man soll 100 Theile

solchen Staub und 10 Theile Mennig und Bleiglätte mit dem nöthigen Leinöl zu einer Masse von Consistenz des Glaserkittes verarbeiten. Der Kitt erhärtet an der Luft steinartig.

§. 216. Clark's oder Hamelin's Mastic. Dieser Oelcement wird in England, Hamburg und Berlin vielfach zum Verputz der Façaden, zu äußern und innern Verzierungen gebraucht und wird durch Paul Schipmann in Hamburg von derselben Güte wie der englische angefertigt; derselbe hat nach seiner Verarbeitung in seinem natürlichen Zustande mit dem besten englischen, dem Portland-Sandsteine, die vollkommenste Aehnlichkeit; er nimmt eine außerordentliche Härte an, läßt zugleich eine sehr saubere Bearbeitung der Ornamente zu, nimmt jede Färbung willig an und ist der Verwitterung durchaus nicht unterworfen. Ganz ausgezeichnete Dienste leistet er dort, wo sich an den Wänden u. s. w. Stellen zeigen, wo der Mauersalpeter anschießt, indem man, um diesem Uebelstand zu entfernen, damit ausreicht, eine 6^{mm} dicke Lage dieses Cements aufzutragen, welcher in 14 Tagen so vollkommen erhärtet, daß man die Wände ebensowohl malen als tapeziren kann, ohne fürchten zu müssen, daß man jemals wieder Spuren der Salpeterbildung bemerken werde.

Die Zusammensetzung dieses Oelcements ist folgende: Man mengt entweder 30 Gewichtstheile guten gewaschenen und gesiebten Sandes, 70 Gewichtstheile gepulverten weißen Kalksteins und 3 Gewichtstheile pulverisirte Bleiglätte oder 35 Theile Sand, 62 Theile Kalkstein, 3 Theile Bleiglätte gehörig untereinander und verarbeitet ihn alsdann. Hierzu rechnet man auf 400 Pfd. Cement 30 Pfd. des besten alten rohen Leinöls, welches man $^1/_2$ Stunde lang gut kocht. Der mit Cement zu übersetzende Raum wird am Tage vor dem Abputzen mit einer scharfen Bürste durchaus staubrein gemacht und dann, wenn man 400 Pfd. des Cements zu verbrauchen denkt, mit 7 Pfd. des oben erwähnten Oels sorgfältig angestrichen. Die übrigen 23 Pfd. werden dann unter das Cementpulver gemengt und das Ganze so lange durcheinander gearbeitet, bis es eine durchaus gleichartige Masse bildet, welche nirgends Körner zeigt. Kurz vor dem Auftrage des Putzes wird die Fläche, welche man unmittelbar darauf bedecken will, noch einmal mit Oel angestrichen, wobei man jedoch so schnell sein muß, daß das Oel nicht Zeit hat, einzuschlagen. Auf diesem Oelanstrich wird mit einer Mauerkelle der Cement dergestalt angetragen, daß die Kelle nicht das Oel von der Wand abstreift und der Cement selbst nicht wieder von dem Orte, auf welchem er einmal angetragen wurde, verschoben werde. Noch besser thut man, den

Cement mit der Hand anzutragen und so lange, bis er einige Bindung mit der Oberfläche der zu putzenden Wand zeigt, anzudrücken. Sobald die ganze Fläche bedeckt ist, wird der Putz bearbeitet wie jeder andere Mauerabputz. Will man Holzflächen mit diesem Cemente bekleiden, so darf man dieselben nicht berohren, sondern man muß sie mit ordinairem Schiefer bekleiden, und auf diesen den Putz in der beschriebenen Art antragen.

§. 217. **Paget's Mastic-Cement.** Man reibt 31 ½ Pfd. Sand oder Sandstein, 10 ½ Pfd. Kreide, 2 ½ Pfd. Bleiweiß, 1 Pfd. gelbgeglühte Mennige (d. h. Bleioxyd), erst jedes für sich unter Zusatz von Wasser auf einer Maschine zu feinem Pulver, mengt dann Alles, reibt es unter Befeuchtung mit Bleizuckerlösung zu einem Teige, und endlich diesen mit 3 Pfd. eines möglichst dicken, trocknenden Oels (z. B. Mohnöl) zusammen. Dieser Kitt kann nicht allein als Mörtel und Putz, sondern auch zur Bildung von Abdrücken, Nachformung von Statuen u. s. w. dienen. Er läßt sich natürlich auch färben.

§. 218. **Schnell erhärtender Kitt von Deville.** Man rührt Bleiweiß und Leinöl zu einem steifen Brei an und reibt dann ein gleiches Gewicht von Gyps zu, indem man so viel Wasser zusetzt, daß die Masse gut verstrichen werden kann. In wenigen Minuten zieht dieser Kitt an und schon nach wenigen Tagen ist er erhärtet. Zum Dichtmachen der Gasröhren soll sich derselbe vorzüglich bewährt haben.

§. 219. **Kitte von J. L. Lamenaude.** Folgende Kitte zum Befestigen von Metallgegenständen (Buchstaben) auf Glas, Marmor, Holz ꝛc. wurden 1848 in England patentirt:

a) Man vermischt	15	Theile	Copalfirniß,
	5	„	Leinölfirniß,
	3	„	rohes Terpentinöl,
	2	„	rectif. Terpentinöl,
	5	„	thierischen Leim, im Wasserbade gelöst,
	10	„	gelöschten Kalk.
b) Desgleichen	15	Theile	Copalfirniß und Gummilack,
	5	„	Leinölfirniß,
	3	„	Kautschuklösung,
	7	„	Theeröl und
	10	„	gepulverten römischen Cement u. Gyps.

§. 220. **Türkischer Kitt** (Lukium). Dieser ausgezeichnete

von den Orientalen zur Verdichtung von Wasserbehältern, Ueberziehen von thönernen und metallenen Wasserleitungsröhren fast allgemein gebrauchte Kitt besteht aus 100 Pfd. (engl.) reinem, frisch gebranntem und fein pulverisirtem Kalk, 10 Quart reinem Leinöl und 4 Unzen Baumwolle. Der Kalk wird nach und nach mit dem Leinöl und der Baumwolle versetzt und zu einem dicken Brei geknetet, getrocknet und in Stücke zerschlagen aufbewahrt. Beim Gebrauch weicht man ihn hinreichend in Leinöl auf und trägt den Kitt in Schichten auf, die man jedesmal einzeln trocknen läßt.

§. 221. Tunesischer Mastic. Man mischt und schlägt durch ein feines Sieb 2 Theile Holzasche, 3 Theile zu Pulver gelöschten Kalk und 1 Theil feinen Sand und schlägt das Gemenge ohne abzusetzen drei Tage und Nächte hindurch mit hölzernen Schlägeln, während man abwechselnd in regelmäßigen Zeiträumen Wasser und Leinöl zugiebt, bis ein vollkommner zäher Teig daraus entstanden ist.

Dieser Mastic befindet sich von Brians Hygins beschrieben, wie er bei den Cisternen in Tunis angewandt wird; er scheint eine traditionelle Ueberlieferung noch aus den Zeiten Karthago's zu sein; denn mehrere alte Monumente der Art finden sich mit Mörtel gemauert, dessen Analysen die erwähnte Mischung ergeben. —

§. 222. Dampfdichte Oelkitte. Der Oelkitt mit reinen Bleipräparaten (Mennige, Bleiweiß), so wie man ihn gewöhnlich anfertigt, ist zu theuer; folgende billigere Zusammensetzung ist als bewährt gefunden:

1 Theil Mennige,
2½ „ Bleiweiß,
1 „ Thon,

Mennige und Bleiweiß werden für sich feingerieben, ebenso der Thon, der sehr gut getrocknet sein muß. Dann mischt man die Ingredienzien und gießt von gekochtem Leinöl hinzu.

Nun kommt es darauf an, ob der Kitt steif oder weich sein soll, wo er im ersten Falle für sich allein zwischen die Fugen gelegt, im andern Falle an Hanfzöpfe oder Leinwandstreifen gestrichen wird.

Den steifen Kitt bekommt man bei vorsichtigem Zusatze von Leinöl und fortwährendem Klopfen, Mischen und Durcharbeiten mit einem eisernen Hammer. Es ist gut, wenn er durch und durch feucht und gleichförmig ist, und wenn man ihn zwischen den Händen eben rollen kann und er diese Gestalt behält.

Man wendet ihn an mit Bleikränzen oder Drahtnetzen von

2—3^{mm} Dicke, die man mit etwas Leinöl bestreicht und auf beiden Seiten ca. 4^{mm} gleichdick mit Kitt belegt.

Um das Abfallen des Kitts zu verhüten, wickelt man einige dünne Spleise Hanf um den Kranz. Eingelegt, gut verschraubt kann ein solcher Kranz sehr bald der Wärme und dem Drucke des Dampfes ausgesetzt werden.

Der weiche Oelkitt wird mit dem Läufer unter größerem Oelzusatz gerieben, bis er ganz gleichförmig ist und zum Zeichen der gehörigen Consistenz sich sehr langsam vom Spatel zieht und abtropft. Beide Sorten des Oelkittes können vorräthig gehalten werden; man bewahrt sie demgemäß im Wasser oder unter Wasserbedeckung auf, welche das Austrocknen verhütet. Der steife Kitt wird immerhin aber etwas härter und für die Anwendung zu hart, welche Eigenschaft aber durch einiges Klopfen verloren geht, das ihn also wieder anwendbar macht. Die Töpfe zum Aufbewahren des Kittes sollen zugedeckt und rein gehalten an einem kühlen Ort stehen. —

§. 223. Stephenson bediente sich eines Kittpulvers, welches mit Leinöl oder noch besser mit Leinölfirniß (Siccativ) zu einem steifen Brei angerührt wird. Dieses Pulver besteht aus:

2	Gewichtstheilen	fein gemahlener Bleiglätte,
1	„	Sand,
1	„	feinem Kalkpulver.

Der Sand muß sehr fein geschlämmt sein, das Kalkpulver ist an der Luft zerfallener Staubkalk oder solcher, den man durch Besprengen des Stückkalks mit wenig Wasser zerfallen gemacht hat.

§. 224. Der Diamantkitt, welcher für Dampfapparate, Dampfkessel ꝛc. empfohlen wird, da er, erhärtet, fest an der Metallfläche anhaftet und nicht schwindet, besteht nach Dr. Hager's (in der pharmazeut. Centralhalle mitgetheilter) Untersuchung aus 16 Theilen Leinölfirniß, 16 Theilen Bleiglätte, 15 Theilen Schlämmkreide und 50 Theilen präparirtem Graphit. Er ist so zu bereiten, daß einem innigen Gemische vom Schlämmkreide, Graphit und Bleiglätte so viel Leinölfirniß zugesetzt wird, daß eine plastische Masse entsteht. Da der Graphit das Eintrocknen des Leinöls bei gewöhnlicher Temperatur sehr behindert, so läßt sich diese Masse lange in plastischem Zustande aufbewahren. —

§ 225. Chatigner in Paris giebt einen wohlfeilen und sehr geschmeidigen Kitt für Wasserleitungen ꝛc. an, welcher, der feuchten oder trocknen Wärme ausgesetzt, eine außerordentliche Härte und Festigkeit annimmt, indem er zugleich die Fugen vollkommen ver-

stopft. Dieser durch die Erfahrung bewährte Kitt dichtet besser und dauerhafter als der Mennigkitt und ist daneben viel (beinahe um die Hälfte) wohlfeiler. Seine Zusammensetzung ist folgende: Man nimmt gleiche Gewichte von gebranntem Kalk, Roman-Cement, Töpferthon und Ziegelthon (Lehm). Diese vorläufig getrockneten Materialien werden sorgfältig gemahlen und gesiebt, dann auf's Vollständigste vermengt, endlich mit Leinölfirniß soviel als nöthig (ungefähr 1 Pfd. auf 6 Pfd. Kitt) angeknetet.

Wenn der Kitt zur Verbindung von Wasserleitungsröhren dienen soll, so wird ein größeres Verhältniß von Roman-Cement empfohlen; die Masse widersteht dann besser der Einwirkung des Wassers.

§. 226. Einen sehr haltbaren Kitt für Eisen- und Steinverbindungen erhält man durch Vermischung von Glycerin mit Bleiglätte, welche zu einem Brei vermengt, rasch zu verbrauchen ist, da die Masse schnell erhärtet. Nach mehrjährigen Erfahrungen ist jene Masse ein vortreffliches Mittel zum Dichten von Eisen auf Eisen, zum Verkitten von Steinarbeiten (und daher Bildhauern und Steinmetzen zu empfehlen), sowie vorzüglich auch zum Verkitten von Eisen in Stein, bei welcher letzteren Verwendung sie allen anderen bisher gebräuchlichen Mitteln vorzuziehen ist. Die Masse ist unlöslich und wird nur von starken Säuren angegriffen. Schon nach einigen Stunden kann man den gekitteten Gegenstand in Gebrauch nehmen. Man hat Sandsteinstücke mit diesem Kitt verbunden, welche nach dem Trocknen des letzteren nur bei großem Kraftaufwand und unter Bruch einzelner Theile auseinander wichen; damit vergossene Schwungradlager hafteten so fest, als es nur wünschenswerth erscheint. Zu beachten ist hierbei, daß der Kitt um so größere Haltbarkeit erhält, je mehr Wasser die Bleiglätte aufsaugt. Bei mehr trockener Bleiglätte bindet er nicht so gut. Zur Bereitung ist nur ganz reine Bleiglätte zu verwenden.

c. Harz- oder bituminöse Kitte.

§. 227. Guter Harzkitt wird also bereitet: 24 Loth Colophonium (oder Pech), 3 Loth Wachs, 2 Loth Terpentin, 1 Loth gestoßener Mastix, 1 Loth Schwefel, eine Hand voll Ziegelmehl werden auf dem Feuer in einem Topfe zerlassen und fleißig umgerührt. Soll der Kitt sogleich gebraucht werden, so müssen die Fugen mit glühenden Kohlen oder einem glühenden Eisen heiß gemacht werden. Dann wird die Masse glühend eingegossen. Von diesem bei platt liegenden Steinen anwendbaren Harzkitte kann man Vorrath machen, in Stücken ihn aufheben und beim Gebrauche schmelzen.

Ein anderes Recept ist:

1 Theil Pech,
1/2 „ Colophonium,
1/2 „ Bleiglätte,
1/5 „ Ziegelmehl,

bei gelindem Feuer durcheinander gerührt.

§. 228. Steinkitte. In einem Topfe werden 1 Pfund gelbes oder braunes Harz, 2 Loth Terpentin, 1/4 Pfund gemahlene Kreide, 1/4 Pfund schwarz gebrannte Knochen zusammengeschmolzen, gehörig dabei umgerührt und die Masse noch heiß in die zuvor mit gepulvertem Aetzkalk ausgestreuten Fugen und Löcher gegossen. Die Oberfläche wird nach dem Erkalten mit einem heißen Eisen glatt gestrichen. Wenn die Steinart eine bestimmte Farbe hat, so setzt man statt der Kreide etwas gelben Ocker, oder Umbraun, oder Tripel, oder Steinstaub von derselben Steinart zu.

Oder: 8 Theile Harz, 1 Theil Wachs werden mit etwas Gyps zusammengeschmolzen und nach dem Erkalten, um innigere Vereinigung zu bezwecken, noch mit den Händen vermengt.

Die zu verkittenden Stücke werden über Kohlenfeuer so stark erhitzt, daß sie den aufgetragenen Kitt schmelzen, worauf man sie zusammenfügt und eine Zeit lang fest zusammenhält. —

§. 229. Bildhauerkitte. Zu feinstem Pulver geriebene 1 1/2 Loth Mastix, 1/4 Loth Bleiweiß werden mit 1 Loth Wachs in einem ungebrauchten Töpfchen über gelindem Kohlenfeuer zu einem dicken Brei geschmolzen. Der Kitt ist nur warm in Anwendung zu bringen und ist hauptsächlich für Bildhauerarbeit. Die Fugen der Steine werden heiß damit bestrichen.

Oder: Man schmilzt miteinander 1 Pfund Harz, 2 Pfund Wachs, setzt hierauf von derselben Steinart, die verkittet werden soll, 1 1/2 Pfund Pulver zu, rührt alles gut durcheinander und verknetet die Masse in Wasser, damit sie sich gut vereinigt.

Der Kitt wird warm gemacht, wenn man ihn auf Alabaster, Marmor, Porphyr und andere Steine anwenden will. Wo möglich auch die Stücke, welche verkittet werden sollen.

§. 230. Guter Stein- und Grottenkitt. Man schmilzt 2 Theile Harz, nimmt den Schaum davon und mischt 4 Theile gelbes Wachs darunter. Wenn es gut zusammengeschmolzen ist, nimmt man Steinmehl von dem Stein, den man kitten will, und zwar soviel als nöthig ist, um dem Kitt die Farbe des Steins zu geben, ferner 1 Theil

gepulverten Schwefel, verarbeitet alles gehörig, erst über gelindem Feuer, dann mit den Händen in warmem Wasser.

Vor dem Einstreichen dieses Kittes müssen die Steine gut trocken und ziemlich heiß gemacht worden sein, damit sich der Kitt gut damit vereinigen kann.

§. 231. v. Wiebeking war bei mehreren seiner Brückenbauten genöthigt, selbst im Winter Werkstücke versetzen zu lassen; er bediente sich hierzu nachstehenden Kittes:

11 Pfund Pech,
10 " Theer,
3 " pulverisirter Schwefel,
50—60 " pulverisirte Schmiedeschlacken.

Diese Species werden in einem eisernen Kessel bei gelindem Kohlenfeuer und stetem Umrühren zusammengeschmolzen und auch während der Arbeit in gleicher Weise flüssig erhalten. Während des Kittens läßt man die Steine durch daran gehaltene Kohlen in einem Drahtnetze, worin sie mit einem Blasebalg glühend erhalten werden, erwärmen. Hierauf werden die Fugen mit Borstpinsel von Staub und Asche gereinigt und der Kitt mit eisernen Spateln eingestrichen.

§. 232. Lowitz'scher Mastic. Er besteht aus 65 Theilen Kreide, 34 Theilen Colophonium und 1 Theil Terpentinöl. Das Colophonium wird geschmolzen, die Kreide und das Terpentinöl unter stetem Rühren dazu gemischt, und hierauf die Masse auf Blechtafeln ausgegossen, wo sie schnell erhärtet.

Bei der Anwendung dieses Mastics im Bauwesen werden 60 Pfd. in einem Kessel geschmolzen und 120 Pfd. reiner, trockner Sand nebst 5 Maaß Steinkohlentheer darunter gerührt. Die Masse wird mit Mauerkellen aufgetragen und in beliebiger Dicke gleich gestrichen; sie ist bindend und wird steinhart ohne brüchig zu sein. Der beschriebene Mastic ist bei den Mainzer Festungsbauten als Decklage der Casemattengewölbe, wie auch zum Schutz von Holz gegen Feuchtigkeit benutzt und bewährt befunden worden.

§. 233. Asphalt oder bituminöser Steinkitt. Die Kenntniß dieses Materials datirt von einer frühern Zeit her; aber erst in neuerer Zeit ist es in allgemeineren Gebrauch gekommen. Die gebräuchlichste Form, in der es jetzt gebraucht wird, ist eine Mischung aus Mineraltheer mit bituminösem Kalkstein. Diese beiden Körper werden hauptsächlich aus einigen Gegenden der Schweiz, Frankreichs und Norddeutschlands auf den Markt gebracht; die bekanntesten sind

Val de Travers in der Schweiz, Seyssel und Lobsann in Frankreich, sowie Limmer bei Hannover.

Der Mineraltheer wird durch Auskochen eines Molassesandsteines, der von dem Theere stark durchdrungen ist, in Wasser gewonnen. Der Theer steigt an die Oberfläche des Wassers oder haftet an den Wänden des Kessels, und der Sand bleibt auf dem Boden. Ein reicher Sandstein von Seyssel enthielt:

Bitumen . . .	0,106
Quarzkörner. .	0,690
Kalkkörner . .	0,204
	1,000

Der bituminöse Kalkstein, welcher mit dem Mineraltheer gemengt wird, gehört der tertiären Formation an, und enthält 3 bis 15 Procent Bitumen nebst Thon und anderen Beimengungen.

Der sog. Asphalt wird aus diesen beiden Substanzen bereitet, wozu man den Mineraltheer in Kesseln von Gußeisen oder Eisenblech erhitzt und den gepulverten Kalkstein in richtigen Verhältnissen darunter mengt. Dieses Geschäft, obgleich sehr einfach, verlangt doch viel Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit von Seiten des Arbeiters, weil der Kitt bei zu niedriger und bei hoher Temperatur schlecht wird. Am besten scheint es zu sein, ein lebhaftes Feuer anzuwenden, bis der Theer anfängt, weiße Dämpfe auszustoßen. Das Feuer wird dann gemäßigt und gleichförmig erhalten, während man das Pulver nach und nach einbringt und mit dem Theere durch gutes Untereinanderarbeiten tüchtig mischt. Ist die Temperatur zu hoch gestiegen, so giebt die heiße Masse gelbliche oder bläuliche Dämpfe; dann muß die Masse stark bewegt und schnell vom Feuer entfernt werden.

Der Asphaltstein wird entweder durch Rösten oder durch Zerreiben gepulvert. Zum Rösten zerschlägt man ihn zuerst in Stücke von der Größe eines Hühnereies. Diese bringt man in einen eisernen Kessel, erhitzt und zerstößt die Stücke mit einer eisernen Stange. Dieses Verfahren ist weniger ökonomisch als das Zerreiben, weil ein Theil des Theeres verdampft, und überdieß wird der Theer leicht durch zu starkes Erhitzen verdorben. Zum Zerreiben zerschlägt man ebenfalls die Steine wie beim Rösten und bringt diese Stücke in eine gewöhnliche Mörtelmühle (siehe Fig. 50. und 51.), wo man die Masse oft umrühren muß, damit sie sich nicht ballt. Trocken kaltes Wetter befördert das Zerreiben; die Steine dürfen daher der Nässe nicht ausgesetzt werden.

Bei dem verschiedenen Gehalte des Steines an Mineraltheer

kann das Verhältniß, in welchem man Stein und Theer mischen muß, nur durch Versuche bestimmt werden. Man sagt, drei oder vier Procent Theer zu viel verminderten die Haltbarkeit und Festigkeit des Asphalts, während ein zu geringes Maaß von Theer ebenfalls verwerflich sei. Im Allgemeinen geben 8 bis 10 Procent Theer dem Gewichte nach ein brauchbares Resultat.

Der Gebrauch des Asphalts hat in neuerer Zeit sehr zugenommen. Er wird zum Pflastern und zu Trottoirs auf verschiedene Weise gebraucht; entweder als Kitt, um größere Steine zu verbinden, oder als Bindemittel für Kies welche wie beim Béton in ihn gebracht werden; er giebt eine vorzügliche Isolirschicht auf Sockelmauern von Gebäuden; er ist einer der besten Anstriche für Cisternen, Keller, die Bedeckungen von Gewölben, Terrassen und flachen Dächern, wie sie jetzt gebräuchlich sind; endlich ist er ein gutes Schutzmittel für Holz, das dem Einflusse der Witteruug oder von Dämpfen ausgesetzt ist.

§. 234. **Vicat's Pechkitt**, Mastic résineux genannt. Da die Anwendung des Asphalts ziemlich theuer ist, so hat Vicat angegeben, wie derselbe durch künstliche Mischungen zu ersetzen sei. Dazu gebraucht er Theer und wenn derselbe kocht, so werden pulverisirte (zerstäubte) Ziegel oder Scherben von gebrannten Gefäßen, Kalkmehl oder zerstoßene Kiesel, Hammerschlag, Holzasche 2c. hinzugethan; 16 Theile Theer, 18 Theile Hammerschlag gaben einen sehr guten derartigen Kitt. Diese Kitte sind in flüssigem Zustande zu Estrichen brauchbar, wenn man sie auf eine Unterlage von Quarzsand, Puzzolane, Ziegelsand, Glas-, Topf-, Porzellanscherben 2c. ausbreitet, da sie noch warm sind, und sie mit Marmorstaub, Kalk- oder Gypspulver, oder mit Holzasche zum Austrocknen bestreut.

§ 235. **Pechkitt für gußeiserne Rohre**, die mitelst Muffen ineinander gesteckt und verbunden werden. Man erhitzt in eiserner Pfanne Pech zum Sieden, giebt gröblich gestoßenes, gesiebtes Ziegelmehl, scharf getrocknet hinzu und rührt es durcheinander. Hanfzöpfe von der Dicke eines Fingers werden hineingetaucht, so daß sie auch Ziegelmehl mit herausnehmen, um das einzusteckende Stück gewunden und dann dieses rasch in die Muffe geschoben. Beide Rohrenden werden mittelst untergestellter Gluthpfanne handwarm gemacht. Die Umwicklung soll die Muffe ziemlich fest ausfüllen Gegen den Rand der Muffe, um das eingeschobene Rohr wird noch ein Hanfzopf umgelegt, mittelst eines Spatels noch mit Pech und vielem Ziegelmehl getränkt und sodann die Verkittung rasch abgekühlt, der noch bildsame Kitt wird mit angefeuchteter Hand glatt gedrückt.

§. 236. Seeleim (marine-glue). Vor einigen Jahren hat ein Material, das von seinem Erfinder Jeffery marine-glue genannt wurde, die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, indem es ein sehr gutes Bindemittel sowohl für Steine als Holz ist und auch im Wasser unlöslich ist. Diese Composition soll dadurch gewonnen werden, daß man Kautschuck ungefähr in dem Zwölffachen seines Gewichts in Steinkohlentheeröl auflöst und zu dieser Lösung doppelt so viel Asphalt oder Schellack bringt, die Mischung erwärmt und durch Umrühren gleichförmig macht.

Man hat zwei Sorten Marine-glue, harten und flüssigen Glue; der erstere wird hauptsächlich zum Aneinanderleimen der Hölzer, Anbolzen von Zimmerwerk mit Holz oder Eisen, zum Kalfatern der Schiffe anstatt des Schifftheers und zum Anfüllen der Risse und der Spalten des Holzes, welches man gegen Feuchtigkeit verwahren will, sowie endlich zu dicken Ueberzügen von Hölzern, die im Wasser liegen, und zu Verkleidungen der Cisternen, sowohl von Holz- als Mauerwerk &c. angewandt. Den flüssigen Glue verwendet man zum Ueberziehen des Holzes, des Gypses und anderer Constructionen, welche man vor Feuchtigkeit bewahren will; zum Bedecken der Oberfläche von Metallen, damit dieselben vor Rost geschützt sind, und zum Bestreichen der Leinwand, Taue, Ziegel, Röhren, Papiere, Pappdeckel, und aller Arten Gewebe, die man wasserdicht zu machen wünscht, ohne deren Geschmeidigkeit zu vermindern und deren Gewicht merklich zu vermehren.

Bei der Unlöslichkeit dieses Productes in Wasser, seiner merkwürdigen Festigkeit und Adhäsion und bei seiner Beständigkeit in häufigen Temperaturwechseln, bei denen es weder sehr weich, noch spröde wird, verspricht der Seeleim nicht allein für den Schiffbau, sondern auch für Constructionen auf dem Lande ein wichtiger Gegenstand zu werden.

Der feste Marineleim ist nicht leicht auf dem Feuer zu schmelzen, ohne ihn zu verbrennen. Man erwärmt ihn daher am besten auf dem Wasserbade, indem man den Kessel, worin man den Leim schmelzen will, auf einen anderen mit Wasser stellt, dessen Oeffnung er ziemlich genau verschließen muß. Nachdem man das Kochen des Wassers in dem untern Kessel eine Zeit lang erhalten hat, wird der Leim in dem oberen zu einer sehr dicken Masse zergangen sein. Jetzt kann man ihn ohne Gefahr auf Kohlenfeuer bei häufigem Umrühren stärker erwärmen und dadurch weit flüssiger erhalten, wodurch er besser in die zu bestreichenden Stücke eindringt und in dünnen Lagen auf-

getragen werden kann. Offenes Flammenfeuer muß man vermeiden, weil die an dem Kessel in die Höhe schlagende Flamme den Inhalt leicht entzünden kann. Für den immer möglichen Fall einer Entzündung, die auch auf Kohlenfeuer eintreten kann, wenn z. B. etwas von der Masse außen am Kessel herabgelaufen sein sollte, muß man einen gut schließenden Deckel, der von Holz sein kann, zur Hand haben, um durch Auflegen desselben die entzündete Masse zu jeder Zeit dämpfen zu können.

Das starke Erhitzen des Marineleims muß man namentlich dann vornehmen, wenn Stücke, die verbunden werden sollen, nicht selbst erwärmt werden können, was man niemals, wo es irgend möglich ist, unterlassen muß. —

XXXII.

Literatur über Kalk, Mörtel, Cemente, künstliche Steine und Kitte.

A. Ueber Kalk im Allgemeinen.

Beck, Ingenieur. Ueber wasserfesten Kalk und Kalklöschen; in d. ökon. Neuigkeiten und Verhandl. 1848. Nr. 116; und im Polyt. Centralbl. 1849. S. 353. 55.
Becker, M., allgem. Baukunde des Ingenieurs. Stuttg. 1853 (über Kalk, Mörtel, Cement ꝛc.) S. 28—53. 3. Auflage. 1865. S. 30—55.
Bemerkungen über Kalk, Cemente und Mörtel. Försters Bauzeit. 1862. S. 61.
Bernheim, zur Untersuchung des Kalks und Mergels. Baiersches Kunst- und Gewerbebl. 1837. S. 391—96. Polyt. Centralbl. 1837. S. 748. 49.
Berthault-Ducreux, Ueber die Darstellung von plastischem Kalk; in Brevets d'Invention 1847. LXIII. pag. 97—118 und im Polyt. Centralbl. 1848. S. 186—189.
Berthier, Analysen einiger Arten Kalksteine und des aus demselben gebrannten Kalks, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 11. S. 350.
Böhmer und Neumann, Kalk, Gyps und Cement. Weimar 1870.
Bolley, Dr. Pompejus Al., Prüfung des Kalks auf seine Anwendung zu techn. Zwecken, in d. Deutsch. Gewerbezeitung 1861. Jan. bis Mai.
Brunner, C. Professor. Ueber Herstellung des sog. Wiener Kalks. Aus den Mittheilungen der naturf. Gesellschaft in Bern durch schweiz. Gewerbebl. Februar 1854 und im Polyt. Centralbl. 1854 S. 561—63.
„Chaux" im Dictionnaire technologique. Tome 13.
Daniell und Hutchinson, Verfahren aus Kalksand Kalk zu brennen; in Mechanics Magaz. und Popul.-Bauzeitung Bd. 2. S. 82.
Desnesmay, über Kalkbrennen in Dingler's Polyt. Journal 28 Bd. S. 411.
Eck, Hütteninspector zu Königshütte. Ueber die Anwendung des gebrannten Kalks statt des rohen bei dem Betriebe der Coakshohöfen auf der Königshütte in Oberschlesien; im Archiv für Mineralogie ꝛc. von Karsten und von Dechen. Bd. 25. S. 436 und im Polyt. Centralbl. 1854. S. 33—37.
Eiselen, J. Ch., ausführliche Abhandlung insbesondere über das Steinkalkbrennen mit Torf. Berlin 1793. 8. 3 Mark 75 Pf.
Evan's Oliv., Maschine zum Zerkleinern von Kalkstein. Polyt. Centralbl. 1838. S. 691. 92. nach Doolittle Manuel.
De la Faye, Recherches sur la préparation que les Romains donnaient à la chaux etc. 1777.
Frost, in Dinglers Polyt. Journal Bd. 13. S. 208. Desgl. Bd. 11 S. 117.
Fuchs, J., Ueber Kalk und Mörtel. Leipzig 1829. 8. 75 Pf.
Garber, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 69. S. 318.
Gebhardt, G. Chr. R. Die neuesten Erfindungen und Verbesserungen in Betreff der Ziegelfabrikation sowie der Kalk- und Gypsbrennerei. 4 Aufl. Mit 9 Fig.-Tafeln. Quedlinb. und Leipz. 1847. 8. 6 Mark.

Geinitz, Dr. H. Bruno, Beiträge zur Kenntniß der Kalksteine; im Polyt. Centralbl. 1848. S. 1057—59.
Guéranger, Ed. Bestimmung des kohlensauren Kalks im Mergel; im Journal de chim. méd. 1850. Mai pag. 260 und im Polyt. Centralbl. 1851. S. 437.
Hartmann, C. Die Kalk- und Gypsbrennerei, sowie die Mörtel- und Stuckbereitung. Quedlinb. und Leipzig 1850. 8. 2 Mark.
Hassenfratz, Traité théorique et pratique de l'art de calciner la pierre calcaire etc. Paris 1825. 4.
Hertel, H. W. Die Lehre vom Kalk und Gyps in ihrem ganzen Umfange, begreifend die Rohstoffe, das Brennen, die Brennmaterialien, die Oefen, die Theorie und das Verhalten des Aetzkalks und der hydraul. Kalke, Bereitung der Mörtel, Cemente rc. 3 Aufl. Mit 75 Fig. Weimar 1860. 8. 4 Mark 50 Pf.
Kalksteine aus den Ardennen, in Annales de mines. T. 20 pag. 193
Knapp, vom Kalk und Mörtel; in Chemische Technologie Bd. 1 S. 602.
Kuhlmann, F. Ueber die Verkieselung und Färbung der aus kohlensaurem Kalke bestehenden Gesteine in Comptes rendus. T. XL. p. 1335 und im Polyt. Centralbl. 1855. S. 1099—101.
Kuhlmann, über das Kalkbrennen im nördlichen Frankreich in Dingler's Polyt. Journ. 28. Bd. S. 408.
Kuhlmann, und A. Vogel, über den Alkaligehalt der Kalksteine und die Ausblühungen der Mauern. Annalen der Chem. und Pharm. 38. Bd. S. 42—53; Journ. f. prakt. Chem. 25. Bd. S. 230—36; Polyt. Centralbl. 1842. S. 433—42.
v. Liebhaber, J. C. Bildung von Minenhöhlen in kalkigem Gesteine und Bearbeitung von Gegenständen aus solchem Gestein, durch Salzsäure; im Rep. of pat. inv. 1851. pag. 15—19. und im Polyt. Centralbl. 1851. 1245—1247.
Mangeot, in Jahrbüchern des polyt. Instituts in Wien. 12 Bd. S. 147.
Montefiore-Levi und Dr. C. Schmidt. Ueber die Zusammensetzung der Hohofengase und über die Anwendung des gebrannten Kalks anstatt des Kalksteins als Zuschlag bei den Hohöfen. In Zeitschr. des östr. Ingen.-Vereins. 1852. S. 145—150 und im Polyt. Centralbl. 1853. S. 166—172. und 1851. S. 949. 950. sowie The mining Journal. 4. Jan. 1851.
Monteath, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 66. S. 211.
Payen, Analyse von Kalksteinen in Bulletin de sciences technologiques T. 1. pag. 171.
Petot, in den Annales maritimes et coloniales. 1833. pag. 138. (Ein sehr lehrreicher und gründlicher Aufsatz.)
Prüfung des Kalks auf seine Anwendung zu technischen Zwecken. Deutsche Gewerbezeit. 1861. S. 175.
Schubarth, E. L. Handbuch der technischen Chemie. 3. Aufl. 1. Bd. S. 352. u. f. (über Kalk, Mörtel, Cement.) Berlin 1839.
Schulz, von den verschied. Kalksteinen rc. in Popul. Bauzeitung. Bd. 2. S. 43.
Stanhope, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 16. S. 133.
Ueber das Brennen des Kalks mit Holz und mit Steinkohlen; im Monatsblatt des Gewerbevereins für das Großherzogthum Hessen. 1844. Nov. S. 205—214; und im Polyt. Centralbl. 1845. 5. Bd. S. 179—183.
Ueber das Todtbrennen von Kalk; in Schweigger's neuem Journal der Chemie und Physik. Bd. 16. S. 92. 125.
Untersuchungen über die Art und Weise, wie die Römer den Kalk zubereiteten, dessen sie sich bei ihren Bauten bedienten, und über die Composition und Anwendung ihrer Mörtel. Försters Bauzeit. 1854. Notizbl. S. 77—93.
Varrentrap, Dr., Ueber das Löschen des Kalks; in Mittheil. des hannoverschen Gewerbevereins. 1848. S. 51, und im Polyt. Centralbl. 1849. S. 350—52.
Verwendung des ungelöschten Kalkes zum Trocknen feuchter Gegenstände, namentlich der Cigarren: in Zeitschrift für deutsche Landwirthe 1852. S. 187 und im Polyt. Centralblatt 1852. S. 1229.
Vicat, Recherches exprérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires. Paris 1818. 4.
Vicat, in zerstreuten Aufsätzen in Dingler's Polyt. Journal Bd. 4. 7. 11. 12. (S. 429) 15. 17.

Bohl, Dr., über die Zusammensetzung der in dem Regierungsbezirk Köln als Baumaterial gebräuchlichsten Kalksorten. Dingler's Polyt. Journal 155. Bd. S. 359.
Weberling, im Baierschen Kunst- u. Gewerbeblatt 1841. S. 606.
Wittstein, über das Verhalten des gebrannten Kalks an der Luft. Annalen der Chemie und Pharm. Bd. 97. S. 224; Polyt. Centralbl. 1856. S. 504; Dingler's Polyt. Journal 139. Bd. S. 398.
Wolfram, L. Fr., Lehre von den künstlichen Bausteinen und Verbindungsstoffen (Brennen des Kalks, Gypses, vom Bau der Ziegel-Kalköfen 2c., von den Mörteln 2c.) Mit 163 Figuren. Stuttgart 1833. 4.
Wölfer, M., die Kalk- und Gypsbrennerei. Weimar 1827. 8. 2¼ M.

B. Ueber Kalköfen.

D'Artigues, continuirlicher Kalkofen, in Annales de l'industr. nation. et étrangers T. 4. pag. 402.
D'Abhémar und Xavier, Ofen zum Brennen von Kalk. Le Génie industr. Août 1858. p. 85. und im polyt. Centralblatt 1856. S. 1365.
Brard, Kalkbrennen in beweglichen Oefen, in Bulletin de la Société d'Encouragement 1828. pag. 197.
Brom, Kalkofen mit heißer Luft, in Bauzeitung 1830. S. 221.
Broem, über Anwendung der erwärmten Luft beim Kalk- und Ziegelbrennen. Förster's allgem. Bauzeitung Bd. IV. S. 221—26; Polytechn. Centralbl. 1839. S. 1142—45.
Coffineau, Kalkofen in Description des brevets d'invention etc. T. 51 pag. 256.
Daniell u. Hutchinson, Kalkofen in Mechanics Magazine. Vol. 39. pag. 366.
Davidson's, J. C., Ziegelbrenner in Yalding, Verbesserungen an Oefen zum Brennen des Kalkes und der Ziegel. Pat. in England am 2. Novemb. 1850; durch Rep. of pat. inv. 1851, June, pag. 336, im polyt. Centralblatt 1851. S. 926.
Fink, F., Beschreibung zweier Kalköfen. Gewerbeblatt f. d. Großherzogth. Hessen, 1856. Nr. 28 u. 29. Scheffler's Organ für Eisenbahnwesen 1856. S. 250—53. Polyt. Centralbl. 1856. S. 1507—11.
Garber's u. Schwarzengrover's Kalköfen. Dingler's Polytechn. Journal. Bd. 79. S. 318.
Gastine's Kalkofen mit mehreren Feuerungen. Dingler's Polyt. Journal 174. Bd. S. 258.
Gayot, Kalkofen, in Description des brevets d'invention etc. T. 50. pag. 346.
De Gournay etc. Kalkofen, in Description des brevets d'invention etc. T. 23. pag. 25.
Hauser, Kalkofen mit Steinkohlenfeuer in Bibl. univers. T. 13. pag. 280.
Heathorn, Kalkofen in Dingler's Polyt. Journal Bd. 21. S. 533.
Heeren, Dr. in Hannover, Beschreibung eines Kalkofens; in Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover 1858. S. 317. Polyt. Centralbl. 1859. S. 383. Dingler's Polyt. Journal. 154. Bd. S. 257.
Hugenin, Kalkofen, in Description des brevets d'invention etc. T. 50. pag. 84.
Jacquelain, über den Kalkofen von Simoneau in Nantes. Mit Abbildung in Bulletin de la soc. d'enc. Dec. 1854. p. 745—751 und im Polyt. Centralbl. 1855. S. 483—87.
Jauve, Kalkofen, in Description des brevets d'invention etc. T. 48. pag. 398.
Jourdan, Kalkofen, in Description des brevets d'invention etc. T. 29. pag. 143.
Irische Kalköfen in Mechanics Magazine. Vol. 4. pag. 143.
Kalkhochofen. Notizen- u. Intelligenzblatt des österr. Ingen.-Vereins 1850. Nr. 2.
Kalkofen, continuirlicher, für Steinkohlenbrand; Schubert, Zeitschrift für landwirthschaftliches Bauwesen. 7. Heft S. 50.
Kalkofen, unterirdischer, mit continuirlicher Feuerung (mit Zeichnungen) in Förster's allgem. Bauzeitung XXV. Jahrg. (1860) Heft 8 u. 9.
Kalkofen mit Gebläse, in Mechanics Magazine. Vol. 29. pag. 109.
Kalköfen zum Steinkohlenbrand; von Pictet im Journal des Mines T. XIII. pag. 158.

Khün, Rüdersdorfer Kalköfen in Karsten's Archiv für Mineralogie und Geognosie. Bd. 10. S. 645.
Loeff, Paul, Entwürfe zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegel-Brennereien etc. 2. Auflage. Leipzig 1873.
Mémoire sur la meilleure construction des fours, pour bien cuire les briques, la chaux etc. par Baussau du Bignon. 1766.
Moinier, J. B., Ofen zum Brennen von Kalk; in Brevets d'invention 1847. LXIII. pag. 127—29. und im Polyt. Centralbl. 1847. S. 958. 59.
Montheath, die Kalköfen zu Closeburn. Mém. encycl. Avril 1837. Dingler's Polyt. Journal 66. Bd. S. 211. Polyt. Centralbl. 1838. S. 23.
Schmid, Kalkofen mit Torf, im Baierschen Kunst- u. Gewerbeblatt 1844. S. 148.
Schmid, über die Anwendung des Torfs zum Kalk- und Ziegelbrennen. Baiersches Kunst- und Gewerbeblatt 1841. S. 512—15; polytechn. Centralblatt 1841. S. 1015. 16.
Simoneau's Kalkofen. Dingler's Polyt. Journal. 136. Bd. S. 271.
Triquet u. Guyant, Kalkbrenner zu St. Léger du Bourg-Denis bei Rouen, Oefen zum Brennen des Kalkes und Gypses; in Le Génie industr. T. III. No. 15. pag. 124—27. und im Polyt. Centralbl. 1852. S. 1250—52.
Ueber die Anwendung der Gichtflamme zum Kalkbrennen, in Annales des mines, I. Serie. T. 14. pag. 73.
Valerius, Kalkofen in Description des brevets d'invention etc. T. 54. pag. 42.
Yorkshire- und Schottische Kalköfen in Dingler's Polyt. Journal Bd. 24. S. 348. Bd. 26. S. 79.

C. Ueber Mörtel- und Mörtelmaschinen.

Anthon, Versuche mit Mörtel aus Kalk und Steinkohlenasche, in Heßler's Mittheilungen des Vereins etc. in Böhmen 1843. S. 376 und in Popul. Bauzeitung 1. Bd. S. 13.
Basalt als Zuschlag. Journal des polyt. Instituts in Wien. Bd. 1. S. 116.
Bassaingne, Steinmörtel, in Journ. de conn. us. 1834. pag. 303.
Beavan, Mörtel, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 23. S. 558.
Berger, Steinkohlenasche zum Mörtel; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 44. S. 152.
Berliner Kalkmaschine, in Popul. Bauzeitung. Bd. 1. S. 12.
Berthault-Ducreux, Théorie et pratique des mortiers et ciments romaines. Paris 1833. 8.
Beschreibung einer Béton-Maschine, welche bei Erbauung eines Viaducts über die Sarthe bei Le Mans angewendet wurde. In Zeitschrift für Bauwesen von Erbkam. 8. Jahrg. 1858. S. 493 u. 94. u. Annales des ponts et chaussées. Sept. u. Oct. 1857.
Chailly, über Kalkmörtel. Gewerbeblatt aus Würtemberg 1856. S. 123. Polyt. Centralbl. 1856. S. 1017.
Chailly, über Gypsmörtel; im Gewerbeblatt aus Württemberg 1856. Nr. 16, und im Polyt. Centralbl. 1856. S. 760.
Chambers, Mörtel, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 23. S. 69.
de Charville, Rancourt, die Kunst gute Mörtel zu bereiten und vortheilhaft anzuwenden. Oder allgem. prakt. Methode zur Fabrikation der besten u. wohlfeilsten Kalke, Cemente und Mörtel. Nach der 2. franz. Aufl. übers. von Fr. J. Hartmann. 2. Aufl. Quedlinburg u. Leipzig 1857. 8. 3 M.
de Charville, Rancourt, Traité sur la fabrication des Mortiers etc. 1828. 8. 7½ Frcs.
Collin's Injectionspumpe zum Einpressen von Mörtel in schadhafte Stellen der Wasserbauwerke. Annales des ponts et chauss. 1840. Juin p. 280—303. Polyt. Centralbl. 1842. S. 558—60.
Courtois, über Kalk und Mörtel; in Annales des ponts et des chaussées. T. 7. pag. 45.
Denys de Curis, über Mörtel; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 79. S. 463.
Forster, Joh. Reinhold, Anleitung den Kalch und Mörtel so zu bereiten, daß die damit auszuführenden Gebäude ungleich dauerhafter seyn, auch im Ganzen genommen weniger Kalch verbraucht werde. Berlin 1782. kl. 8.

Fuchs, über Kalk und Mörtel; in Erdmann's Journal für techn. Chemie. Bd. 6. S. 1. 132.; ferner in Dingler's Polyt. Journal Bd. 49. S. 271, die gekrönte Preisschrift; ferner in Poggendorf's Annalen der Physik Bd. 27. S. 591.
Hänel, Eduard, Abbildung und Beschreibung einer einfachen Cement- und Mörtelmühle, welche bei der Manchester- und Birmingham-Eisenbahn angewendet wurde; in der deutschen Gewerbezeitung 1845. Nr. 41.
Hoffmann's Kalkmaschinen zum Mischen des Mörtels; in Romberg's Zeitschrift für prakt. Baukunst und im Hannov. Gewerbebl. 1842. S. 248.
John, J. F., über Kalk und Mörtel, nebst Theorie des Mörtels. Berlin 1819. 8. 1¾ M.
Kalksteinsand statt Quarzsand zum Luftmörtel, im Journal des polyt. Instituts in Wien. Bd. 15. S. 119.
Lamm's, C., in Braunschweig, Mörtelmaschine; in den Mittheil. des Braunschw. Gewerbever. 1848. Nr. 4. und im Polyt. Centralbl. 1848. S. 620.
Lapito's Bétonmaschine. Förster's Bauzeitung 1854. Notizbl. S. 20.
Lebrun, der Steinmörtel, oder prakt. Anweisung den Steinmörtel bei Gebäuden im Allgemeinen, besonders aber bei Bauten an und unter Wasser, bei Gewölben rc. zu benutzen. Aus dem Franz. Ulm 1837. 8. 1¾ M.
Leconte, A., Beschreibung einiger Mörtel- und Béton-Maschinen, welche bei dem Festungsbau in Paris angewendet wurden; in Förster's allgemeiner Bauzeitung 1843. S. 399. 400.
Lepaire's horizontale Bétonmaschine. Förster's allgem. Bauzeitung 1864. S. 332.
Lichthammer's in Darmstadt, Mörtelmaschine; in den Verhandlungen des Gewerbevereins für d. Großherzogthum Hessen 1844. S. 100—2.
Lorriot's Abhandlungen über eine neue Art von Mörtel, der zu Gebäuden und ihren Auszierungen sehr dienlich ist. Aus dem Franz. übersetzt und mit Anmerkungen erläutert. Bern 1775. 8.
Mörtel mit kohlensaurem Kalk anstatt Quarzsand; im Polyt. Notizbl. 1850. Nr. 20. und im Polyt. Centralbl. 1851. S. 702.
Mörtel, zwei vorzügliche wohlfeile; in Zeitschrift für Bauhandwerker 1857 und Polyt. Centralbl. 1858. S. 1031.
Indischer Mörtel; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 59. S. 64.
Algierischer Mörtel; daselbst S. 112.
Oel und Thran machen den Kalkmörtel schneller erhärten. Dingler's Polyt. Journal Bd. 22. S. 361.
Ostermaier, über Gußmarmor und den Mörtel der Alten; im Polyt. Notizbl. 1847. Nr. 11. und im Polyt. Centralbl. 1847. S. 957 u. 58.
Pasch, über Mörtel und Cemente; in Erdmann's Journal für technische Chemie. Bd. 1. S. 394. 420.
Petzholdt, Dr. A., über Festwerden des Mörtels. Journal f. praktische Chemie. XVI. S. 91—99.; Polyt. Centralbl. 1839. S. 607—12.
v. Prittwitz, Generalmajor, Beschreibung einer bei den Festungsbauten in Preußen angewendeten Mörtelmaschine in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen 1832. Heft 2.
v. Prittwitz, Generalmajor, über Mörtel; in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen 1856. 3. Lieferung S. 91—97. u. im Polyt. Centralbl. 1856. S. 1179—83.
Rancourt, über Mörtel, in Annales des mines etc. T. 9. pag. 909. und in Dingle's Polyt. Journal Bd. 31. S. 435. Bd. 32. S. 426.
Roger's, Architect, Mörtelmaschine, mit Abbildung; im Journal de l'Architecture 1850. Nr. 6. pag. 93. und Polyt. Centralbl. 1850. S. 1356—58.
Schübler, über die Eigenschaften verschiedener Basalte, Trachyte zur Mörtelbereitung, in Schweigger's neues Journal der Chemie u. Physik. Bd. 19. S. 140.
Sonne, E., die Mörtelbereitung und Mörtelmaschine für den Bau der Fuldabrücke bei Kragenhof. Zeitschrift des Hannov. Archit.- und Ingenieur-Verein 4. Bd. S. 187—198.
Strootmann, J., de Mortelbereiding, voor het Metselwerk der Dokwerken te Willemsoord. Verhandlingen van het konikl. Institut van Ingenieurs. 1860—61. pag. 6—10.

Theorie der Mörtel und Cemente; im Industriel, T. 7. pag. 124.

Vicat, über Mörtel, im Journal der prakt. Chemie Bd. 13. S. 518.

Vicat, L. J., Resumé des connaissances positives actuelles sur la fabrication des mortiers et ciments calcaires. Paris 1838. $^{40}/_{4}$. $14^{1}/_{2}$ Fr.

Vicat, L. J., neue Versuche über Kalk und Mörtel. Aus dem Franz. mit Zusätzen. Berlin 1825. 4. Mit 3 Steintaf. 5 M.

Ueber die Vicat'schen Vervollkommnungen des Mörtels; in Crelle's Journal für die Baukunst. Bd. XXV. S. 33—35. und im Polyt. Centralbl. 1847. S. 951—956.

de Villeneuve, H., über die Eigenschaften des Kalks in Bezug auf Mörtelbildung; im Journal de l'Architecture. Juillet 1850. pag. 107. und im Polyt. Centralblatt 1851. S. 105—106.

Vogel jun., Dr. A., Beiträge zur chemischen Kenntniß des Luftmörtels; im Polytechn. Journal Bd. 147. S. 190. und Polyt. Centralbl. 1858. S. 971—973.

Weishaupt, Th. Ueber die belgische Manier der Mörtelfabrikation und dazu dienende Maschinen; in Förster's allgem. Bauzeitung 1848. S. 197—203. und im Polyt. Centralbl. 1849. S. 796—800.

White, über die Festigkeit des Mörtels; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 46. S. 101.

Zeuner, scharfkantig gemahlener Sand; im Baierschen Kunst- und Gewerbebl. 1836. Bd. 3. S. 189.

Zeuner, über Mörtel; im Baierschen Kunst- und Gewerbebl. 1837. S. 321.

D. Ueber hydraulische Kalke und Cemente.

Analyse des Ducksteins, im Journal der prakt. Chemie Bd. 33. S. 21.; desgl. in Dingler's Polyt. Journal Bd. 93. S. 441.

Anwendung des Cements zur Erhaltung des Holzes im Meerwasser; im Polyt. Notizbl. 1856. Nr. 20. und Polyt. Centralbl. 1857. S. 144.

Artus, Dr., Einfaches Verfahren, die Festigkeit der im Handel vorkommenden Cemente zu erhöhen. Vierteljahrschrift für techn. Chemie; Polyt. Centralblatt 1865. S. 71.

Aspdin und Robbin's Versuche über die Festigkeit des Portland-Cements; in Mechanics Magazine 1848. Nr. 1312. und im Polytechn. Centralbl. 1849. S. 355 und 356.

Aspdin, W. Ueber Benützung der Abfälle der Sodafabrikation zur Anfertigung von hydraulischem Mörtel, Le Technologiste. Dec. 1853. pag. 140 und Polyt. Centralbl. 1854. S. 188

Bauernfeind, Untersuchung der hydraulischen Kalke des oberfränkischen Mainthales; im Baierschen Kunst- und Gewerbebl. 1845. S. 71—81; und im Polyt. Centralbl. 1845. 5. Bd. S. 392—97.

Beaudemoulin, L. A., Recherches theorétiques sur la fondation par immersion des ouvrages hydrauliques et particulièrement des écluses. Paris 1829. 4.

Becker, Erfahrungen über den Portland-Cement. Berlin 1853.

Becker, Praktische Anleitung zur Anwendung der Cemente. Berlin 1860, 1868.

Berthier, Analyse des engl. Cements, in Annales de chimie et de physique. T. 44. pag. 113.

Berthier, über Puzzolane, in Karsten's Archiv für Berg- und Hüttenkunde Bd. 18. S. 231. und in Annales maritimes etc. 1828. T. II. pag. 76.

Berthier, über den Duckstein, in Karsten's Archiv für Berg- und Hüttenkunde Bd. 18. S. 231.

Die verdichteten Bétons (bétons agglomérés) von F. Coignet in St. Denis bei Paris. Förster's Bauzeit. 1865. 1. Heft S. 1; Polyt. Centralbl. 1865. S. 429.

Boivillette, Ueber Maaßbestimmung des Bétons; Annales des ponts et chauss. Janv. et Fevr. 1837; Förster's Bauzeitung 1840 S. 242—44.

Born, Gebrüder in Erfurt. Ueber Verfertigen der Wasserleitungsröhren aus Cement. Mit Abbildung. Im Polyt. Journal von Dingler Bd. 134. S. 136. u. Polyt. Centralbl. 1855. S. 230—33.

Brian u. St. Léger, hydraulischer Mörtel; im Polyt. Centralbl. 1836. S. 415.

Casseler Cement; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 56. S. 33., Bd. 58. S. 437. Descript. des brevets d'invent. T. 27. pag. 261.
Cauchy, über den hydraulischen Kalk im Namurischen; in Bulletin des sciences techn. T. 14. pag. 98.
Cement, der, von Vassy und die mit demselben ausgeführten Bauwerke, besonders Pont aux doubles zu Paris. Förster's Bauzeitung 1852. S. 66—74.
Ciment de Pouilly, Roman ciment, Hamelin's Mastic, plâtre-ciment; in Bulletin de la société d'Encouragement 1829. pag. 317—330. 395. 1830. pag. 194.
Clément, über römischen Cement; in Annales de chimie et de physique. T. 24. pag. 104.
Dempp, über Benutzung des Märgelkalks zu hydraulischem Kalk im Allgemeinen und dessen Anwendung in Baiern. Förster's Bauzeitung 1838. S. 442—57.
Deville, St.-Claire, über die Analyse von hydraulischem Kalk und Cement; in Comptes rendus. T. XXXVII. pag. 1001 u. Polyt. Centralbl. 1854. S. 435.
Dumas, über den Cementstein von Avallon, in Bulletin de la société d'Encouragement 1832. pag. 288.
Dutillet, römischer Cement; in Description des brevets d'invention. T. 17. pag. 316.
Dyer's und Comp. patentirter Metallcement; in Mech. Magazine No. 1061. u. im Polyt. Centralbl. 1844. 4. Bd. S. 48.
Elsner, Analyse des Traß oder rheinischen Cements; im Journal für prakt. Chemie. XXIII, S. 21--26; und im Polyt. Centralbl. 1844. 4. Bd. S. 469.
Engelhardt, Oberbaumeister, über den Casseler Cement; in Crelle's Journal der Baukunst Bd. 20. S. 165--200.
Feichtinger, Dr. G., über deutschen Portland-Cement. Polyt. Journ. 174. Bd. S. 433; Polyt. Centralbl. 1865. S. 447.
Feichtinger, G., über Winkler's Theorie der Erhärtung der Portland-Cemente. Dingler's Polyt. Journal 174. Bd. S. 437; Polyt. Centralblatt 1865. S. 344.
Fontenay, Toni, billige Methode der Bétonschüttung. Nouv. Annales de la construct. 1857. April; Zeitschr. des Hannov. Ingen.-Ver. 4. Bd. S. 354.
Fremy, E., über die Cemente. Compt. rend. t. 60. p. 993; Polyt. Centrablatt 1865. S. 1496.
Garbissal, Ch. D., Bereitung von hydraulischem Cement, in England patentirt; im London Journal June 1857. pag. 333 und im Polyt. Centralblatt 1857. S. 1385.
v. Gerstenbergk, die Cemente.
Girard, über Puzzolanen, in Dingler's polyt. Journal Bd. 23. S. 60. Bd. 25 S. 404. 409.
Godwin, G., über die Natur und Eigenschaften des Concretes, Bétons und seine Anwendung bei Aufführung von Gebäuden. Gekrönte Preisschrift. Förster's Bauzeitung 1838. S. 27.
Gorup-Besanez, E., Analyse eines englischen Cements; in Annalen der Chemie und Pharmazie Febr. 1854. S. 218 und. Polyt. Centralbl. 1854. S. 567.
Grant, John, Experiments of the strength of Cement, chiefly in reference to the Portland-Cement used in the Southern and in the Southern Outfall Main Drainage Works, edited by G. Forrest. London 1866.
Grüneberg, Dr., über die Fabrikation des Portland-Cements. Monatsschr. des Kölner Gewerbevereins 1865. S. 242; Polyt. Centralbl. 1865. S. 1018. 1866 S. 395.
Häusler, E. S., Anwendung des englischen Romancementes zum Anstrich für Bretter u. Hölzer, die der freien Luft ausgesetzt sind; im Polyt. Notizbl. 1851. Nr. 13. S. 206 und im Polyt. Centralbl. 1851. S. 1367-68.
Hawkins, über römischen Cement; in Dinglers Polyt. Journ. Bd. 23. S. 65.
Heldt, W. Dr., Studien über die Cemente. Journal f. prakt. Chemie. 94. Bd. S. 202; Polyt. Centralbl. 1865. S. 861 und 1562.
Hervé Mangon, über das Scott'sche Kalkcement. Bulletin de la Soc. d'Encour. Octb. 1864; Polyt. Centralbl. 1865. S. 954.

Hühnefeld, über Kalknieren von Arkona, in Erdmann's Journal für technische und ökonomische Chemie. Bd. 6. S. 101.
Hydraulischer Mörtel, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 48. S. 462.
Hydraulischer Kalk in Rußland; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 36. S. 151.
Kaiser, Analyse des engl. Cementsteines, im Baierschen Kunst- und Gewerbebl. 1837. S. 761.
Kalkmergel zum Wasserbau, in Dingler's Polyt Journal Bd. 7. S. 502, und Baiersches Kunst- und Gewerbebl. 1823. S. 109. 285.
Karlinger, J., Wasserleitungsröhren aus hydraulischem Kalk, im Kunst- und Gewerbebl. f. d. Königreich Baiern. Febr. 1854.
Kink, Franz, Anweisung zur Bearbeitung und Verwendung des hydraulischen Cements von Kuffstein in Tyrol. Insbruck 1849.
Knauß, C., chemische Untersuchung einiger englischen hydraulischen Kalke; im Gewerbeblatt aus Württemberg 1855. Nr. 4 und Polyt. Centralbl. 1855. S. 435—441.
Koch, C., gesammelte Erfahrungen über die Verarbeitung und die verschiedenen Anwendungen des Cements &c. Cassel 1839. 8. ¾ Rt.
v. Körber, K., über den Gebrauch der Santorinerde. Förster's Bauzeitung 1845. S. 266-68.
Kuhlmann, über Bildung von hydraulischem Kalk, Cement und künstlichen und natürlichen Kalksilicaten überhaupt. Annalen der Chemie und Pharm. 41. Bd. S. 220—36; Polyt. Centralbl. 1842. S. 457—62.
Kuhlmann, über hydraulische Kalke, Cemente und künstliche Steine. Förster's Bauzeitung 1854. Notizbl. S. 112—17.
Kuhlmann, F., Ueber die Mitwirkung von Alkalien bei der Bildung von hydraulischem Kalk; in Annales de Chimie et de Phys. XXI. pag. 364. und im Polyt. Centralbl. 1848. S. 395-97.
Laurent, Mörtel mit Puzzolane, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 26. S. 455. Theorie der Puzzolane, daselbst S. 270.
Lebrun, F. M. Traité pratique de l'art de batir en béton, ou resumé des connaissances actuelles sur la nature et les propriétés des mortiers hydrauliques et bétons. 2. Vol. 4. Paris 1843. 10 Frcs.
Lefebure's Cement; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 51. S. 155.
Lepaire's horizontale Bétonmaschine. Förster's allgem. Bauzeit. 1864. S. 332. Polyt. Centralblatt 1865. S. 96.
Leube's, Dr. G. in Ulm, neues Mittel zur Vertilgung des Hausschwamms durch hydraulischen Kalk, im Polyt. Notizbl. 1850. S. 21 und im Polyt. Centralbl. 1847. S. 566 u. 1851. S. 303 u. 4.
Lipowitz, A., die Portland-Cement-Fabrikation, mit Beschreibung und Abbild. eines endlosen Ofens &c. Berlin 1868.
Malaguti und Durocher. Ueber den Einfluß des Meerwassers auf die hydraulischen Kalke und Cemente; in Comptes rendus. T. XXXIX. pag. 183 et 625 und Polyt. Centralbl. 1854. S. 1245—48. 1461.
Manger, J., Ueber die Festigkeit von Cementen in Erbkam's Zeitschr. f. Bauwesen. 1859. Heft 10—12. und Polyt. Centralbl. 1859. S. 1690.
Manger, J., die Portland-Cemente, einige neuere Erfahrungen über deren Verarbeitung und Anwendung. Berlin 1859. 8.
Manger, J., der Stettiner Portland-Cement in Versuchen und Erfahrungen dargestellt. 1860.
Marsch, Cement auf Holz; in Bulletin de la Société d'Encouragement etc. 1828. pag. 336.
Menzel, Beschreibung des Verfahrens bei der Fabrikation von hydraulischem Mörtel auf der Königl. Ziegelei zu Joachimsthal; in den Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen 1846. S. 53—74. und im Polyt. Centralbl. 1846. S. 465-66.
Meyer, Analyse des Cementsteines vom Krienberge bei Rüdersdorf, in den Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen 1840. S. 129; Journal der praktischen Chemie Bd. 22. S. 405. und Berliner Gewerbeblatt Bd. 9 S. 294.

Michaelis, Dr., die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement. Leipzig 1869.
Mihalik, Joh. von, Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens. Nach eigenen Versuchen und Erfahrungen. Mit 24 lithogr. Taf. in Folio. 2. Auflage. Wien 1859. gr. 8. XVI. u. 466 S.
Minard, über Puzzolane, in Bulletin des sciences technol. T. 11. pag. 73. 297. und in den Annales des ponts etc. T. 6. pag. 269. II. Sér. T. 1 pag. 367.
Minard, Einfluß der Wärme auf den hydraulischen Mörtel, in Annales des ponts et des chaussées. T. 5. pag. 325.
Nachrichten, gesammelte, von dem in den vereinigten Niederländischen Provinzen gebräuchlichen Cemente aus Trasse, oder gemahlenem Cöllnischen und Andernachschen Tuffsteine. Dresden und Leipzig 1773. 8.
Nördlinger, über Bétonbereitung. Eisenbahnzeitung 1847. Nr. 14. Polyt. Centralbl. 1848. S. 826.
Nowak, J., Mittheilungen über die in Pribram ausgeführten Cementarbeiten. Rittinger's Erfahrungen im Maschinen-Bau- und Aufbereitungswesen 1863; Polyt. Centralbl. 1865. S. 148.
v. Oeynhausen und v. Dechen, über den Duckstein, in Karsten's Archiv für Berg- und Hüttenkunde Bd. 11. S. 414.
Ollivier, hydraulischer Kalk, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 29. S. 294.
Panzer, hydraulische Kalke in Baiern, im Baierschen Kunst- und Gewerbeblatt 1832. S. 111.
Panzer, Fr., Anleitung über Bereitung des Mörtels aus hydraulischem Kalke in Beziehung auf die Auffindung des sich hierzu eignenden Mergels rc. 2. Auflage. München 1832. 8. ½ M.
Panzer, Fr., über das Vorkommen des hydraulischen Kalks in der Keuperformation, über die Dauerhaftigkeit und rückwirkende Festigkeit desselben in den Steinen. München 1836. 8. 1 M.
Pasley, Observations on Limes, Calcareous, Cements, Mortars etc. 1847. London. 9 Shill.
Pauli, Analyse von alten Cementen. Aus Annalen der Chemie und Pharmazie durch Journal für prakt. Chemie, Bd. 57. S. 477. und im Polyt. Centralblatt 1853. S. 637.
Pettenkofer, Professor Dr., Analyse des Portland-Cements und eines hydraulischen Kalks von Tegernsee von A. Hopfgartner, nebst Bemerkungen über den hydraulischen Kalk im Allgemeinen; im Baierschen Kunst- und Gewerbebl. 1849. S. 644—64 und im Polyt. Centralbl. 1850. S. 442—45, u. 492—500.
Polonçeau, hydraulischer Mörtel; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 35. S. 378.
Polonçeau, Ueber Béton oder Gußmauerwerk. Revue génér. de l'Architecture 1840; Förster's Bauzeitung 1840. S. 234—41.
v. Prittwitz, hydraulischer Mörtel zum Festungsbau in Posen. Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen, 1832. S. 53.
Probirverfahren, englisches, für Portland-Cement. Zeitschr. des Hannov. Archit.-Ver.; Polyt. Centralbl. 1865. S. 1019.
Raynal, Anwendung von Bétoneinspritzungen zur Ausfüllung der ausgewaschenen Mörtelfugen rc. Annales des ponts et des chauss. 1840. Förster's Bauzeit. 1840. S. 244—51.
Rivot und Chatoney, über den hydraulischen Mörtel, namentlich in Bezug auf seine Anwendung im Meerwasser. Comptes rendus. T. XLIII. pag. 785; Polyt. Centralbl. 1857. S. 111; Organ für Eisenbahnwes. 1856. S. 254—58.
Russischer Cement; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 12. S. 375.
Saint Légere's hydraulischer Kalk in Description des brevets d'invention, T. 27. pag. 50., T. 48. pag. 288. und in Dingler's Polyt. Journal Bd. 71. S. 174.
Sanftleben, Anfertigung und Verwendung der Portland-Cement-Röhren zu Chausseedurchlässen; in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1859. S. 417 und Polyt. Centralbl. 1859. S. 1581—83.
Santorinerde als Cement (Analyse). Polyt. Centralbl. 1849. S. 1441.
Schafhäutl, Professor Dr., Ueber das Portland- u. Roman-Cement; im Kunst-

und Gewerbebl. für Baiern 1852. S. 50—58, und im Polyt. Centralbl. 1852. S. 687—693.
Schubarth, Professor. Einige Notizen über englische Cemente, in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen 1851. 5. Lief. und im Polyt. Centralbl. 1852. S. 565.
Schulz, von dem Béton u. seiner Bereitung; in Popul. Bauzeit. Bd. 1. S. 42.
Schulz, künstliche Puzzolan-Bereitung; in Popul. Bauzeit. 1. Bd. S. 9.
Schulz, Cement; in Popul. Bauzeit. 1. Bd. S. 7.
Seybert, über hydraulischen Kalk; in Bulletin des sciences techn. T. 7. p. 73.
Spence's, Pet., techn. Chemiker in Pendleton, Zinkcement. Patentirt in England den 12. Nov. 1850; in Rep. of pat. inv. 1851. July pag. 24—33 und im Polyt. Centralbl. 1851. S. 1105.
Swindell's Cemente (künstliche aus Fabrikationsrückständen). Lond. Journ. 1842. Aug. pag. 27—28; Polyt. Centralbl. 1842. S. 1167.
Tickel, über Puzzolanen; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 11. S. 249.
Tochi und Villeneuve, über die Darstellung von Cement; in Brevets d'inventions LXV. pag. 253 und im Polyt. Centralbl. 1848. S. 916.
Traß, inländischer, im Baierschen Kunst- und Gewerbeblatt 1824. S. 238. 281. 1826. S. 429. 1828. S. 375. und im Journal des polyt. Institutes in Wien, Bd. 6. S. 510.
Traß, schlesischer; in Dingler's Polyt. Journal 157. Bd. 394.
Treussart, über Wassermörtel, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 15. S. 341. Bd. 21. S. 40.
Treussart, Darstellung von Puzzolane und Traß, in Annales des mines etc. I. Série. T. 12. pag. 233.
Trougthon, Cement; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 51. S. 155.
Ueber Bereitung des künstlichen hydraulischen Cements von Brian und St. Léger. Förster's Bauzeit. 1838. S. 457—58.
Ueber Cementkalk von Hohenstein bei Stolpen in Sachsen und von Freiberg an der Unstrut; im Polyt. Centralbl. 1846. 7. Bd. S. 67—69.
Ueber die Darstellung von künstlichem Cement in England. Nach General Pasley; im Polyt. Centralbl. 1848. S. 98. 99.
Ueber den hydraulischen Cement von Kuffstein in Tyrol; im Polyt. Centralblatt 1849. S. 1024.
Ueber den hydraulischen Kalk von Calvados, in Bulletin des sciences techn. T. 1. pag. 173; desgl. in den Ardennen daselbst. T. 7. pag. 150.
Ueber den Portland-Cement; in den Mittheilungen des Braunschw. Gewerbevereins 1846. Nr. 8. und im Polyt. Centralbl. 1846. 8. Bd. S. 141—43.
Ueber Portland-Cementfabrikation; im Gemeinnütz. Wochenbl. des Gewerbevereins zu Köln. 1855. Nr. 45. und im Polyt. Centralbl. 1856. S. 251—53.
Ueber Portland-Cemente im Allgemeinen und seine Verwendung zur Dachdeckung insbesondere. Romberg's Zeitschr. f. Baukunst 1863. S. 119.
Ueber Santorinerde; in dem Notizbl. des Architekten-Vereins zu Berlin, Nr. 1. Dec. 1847. S. 16. und im Polyt. Centralbl. 1848. S. 621—22.
Ueber Santorinerde, in Förster's Bauzeitung 1841. S. 266. 1842. S. 306, und in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen. 1849. S. 86.
Ueber die Vicat'sche Vervollkommnung des Mörtels. Crelle's Journ. f. Baukunst. Bd. XXV. S. 33. Polyt. Centralbl. 1847. S. 951.
Untersuchung der Eigenschaften des Perlmooser Portland-Cementes, gegenüber den hier im Handel vorkommenden englischen Portland-Cementen von einer k. k. Staatsministerial-Commission.
Versuche über die Festigkeit des Portland-Cements. Polyt. Centralbl. 1849. S. 355.
Versuche mit Cement von Pouilly und Parker's Cement im Hafen von Lorient; in Annales maritimes etc. 1830. II. pag. 282.
Vicat, über hydraulischen Kalk. Journal für prakt. Chemie XIII. S. 518—20; Polyt. Centralbl. 1838, S. 636. 37.
Vicat, über die Form der zum Béton zuzusetzenden Puzzolane. Förster's Bauzeitung 1840. S. 315.

Vicat, über hydraulischen Kalk und Cement. Journal f. prakt. Chemie. XXII. S. 251—56; Polyt. Centrablatt 1841. S. 302—4.
Vicat, über hydraulische Kalke und Cemente. Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. II. pag. 426—63; Polyt. Centralbl. 1842. S. 869—73.
Vicat, L. J., Recherches sur les propriétés diverses que peuvent acquérir les pierres à ciment et à chaux hydrauliques par l'éffet d'un incomplet cuisson etc. Paris 1840. 4.
Vicat, natürliche nicht vulkanische Puzzolane in den Ardennen; in Annales des ponts et chaussées 1846. XII. pag. 128, und im Polyt. Centralbl. 1847. S. 956—57.
Vicat, über den Einfluß des Eisenoxyds auf die Haltbarkeit des hydraulischen Mörtels im Meerwasser; in Comptes rendus T. XXXIX. pag. 412, und im Polyt. Centralbl. 1854. S. 1341 und 42 und S. 382.
Vicat, L. J., praktische Anweisung, den hydraulischen Kalk (Cement oder künstliche Puzzolane) zu bereiten und denselben zu Wasserbauten aller Art anzuwenden. Gekrönte Preisschrift. Aus dem Franz. von C. G. Schmidt. Quedlinburg. 1847. 8. 2½ M.
Vicat, über Puzzolane, im Journal der prakt. Chemie. Bd. 26. S. 428. Bd. 37. S. 489. — Analyse der Puzzolane daselbst Bd. 34. S. 438.
Vicat, über das Vorkommen der hydraulischen Kalke in Frankreich in Annales des ponts etc. T. 7. pag. 224. T. 9. pag. 357. T. 12. pag 429. T. 14. pag. 334. T. 18. pag. 227. II. Série. T. 2. p. 35. T. 3. pag. 118. T. 5. pag. 116.
Voit, über Cemente ꝛc., in Dingler's Polyt. Journal Bd. 4 S. 293.
Wackenroder, H. Hofrath, Dr. in Jena, über die Bestandtheile, die Wirkung u. Bereitung des Kalkcementes; mit besonderer Berücksichtigung der Gesteine und Erden in Thüringen; im Polyt. Centralbl. 1847. S. 237—248, und Popul. Bauzeitung 3. Bd. S. 70.
Wasserdichter Mörtel; in Journ. des conn. us. 1835. pag. 84. 85.
White, über Fabrikation des Portland-Cementes. Dingler's Journal 135. Bd. S. 360.
White, römischer Cement ꝛc. in den Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen. 1829, S. 123.
Widerstandsfähigkeit des Sandbétons. Förster's allgem. Bauzeit. 1838. S. 16; Polytechn. Centralbl. 1839. S. 588. 89.
Winkler, A, über hydraulische Mörtel. Journ. f. prakt. Chemie 1856. S. 444; Dingler's Journ. 142. Bd. S. 106; Polyt. Centralblatt 1857. S. 930.
Winkler, A., über Portland-Cement; im Chem. Centralblatt 1858. Nr. 31. und Polyt. Centralbl. 1858. S. 1164—65.
Zetter, über Bereitung und Anwendung des Bétons; v. Ehrenberg's Zeitschrift Bd. III. S. 56—58; Polyt. Centralbl. 1838. S. 651—53.
Ziegelmehl als Zuschlag zu Wassermörtel; von Cartwright; in Dingler's Polytechn. Journal Bd. 10. S. 362. Bd. 23. S. 84. — Desgl. von Beatson; in Erdmann's Journal Bd. 5. S. 33. — Desgl. von Lampadius; daselbst Bd. 6. S. 347. Bd. 8. S. 393. Bd. 13. S. 231; Journal für prakt. Chemie Bd. 1. S. 356. Bd. 2. S. 376. — Desgl. von Hermbstädt in Erdmann's Journal Bd. 16. S. 457. — Desgl. von Sprengel im Journal für prakt. Chemie. Bd. 1. S. 161.
Zur Geschichte der Anwendung des Bétons oder Concretes in England. Förster's allgem. Bauzeit. 1839. S. 114; Polyt. Centralbl. 1839. S. 491. 92.

E. Ueber Fabrikation künstlicher Steine und Kalk-Sand-Ziegelbau.

Aspdin's künstliche Steine; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 16. S. 304; Bd. 19. S. 588.
Anfertigung und Anwendung des Kalk- und Gypsstuckes; in Förster's allgemeiner Bauzeitung 1852. S. 91, und im Polyt. Centralbl. 1852. S. 734.
Bagshaw, über künstliche Steine; in Dingler's Polyt. Journ. Bd. 16. S. 805.
Brian und St. Léger, über Fabrikation künstlicher Steine; in Bulletin de la Soc. d'Encourag. 1830. pag. 469.

Engel, F., der Kalk-Sand Pisébau und die Kalk-Sand-Ziegelfabrikation ꝛc. 3. Auflage mit 10 Taf. Abbild. u. 46 Holzschn. Leipzig 1865.
Feilner, über Fabrikation künstlicher Steine; in den Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbefl. in Preußen 1824. S. 20. und 1828. S. 93. und im Baierschen Kunst und Gewerbebl. 1830. S. 291.
Ueber Hohofenschlacken u. deren Verwendung (zu Schlackensteinen). Zeitschrift des Architekten- und Ingen.-Vereins zu Hannover. 1867. S. 297.
Jesnard's in Odessa Erdsteine. Wochenbl. für Land- und Hauswirthschaft 1838. Nr. 31; Förster's Bauzeitung 1838. S. 356—60.
Keene's Marmorcement zur Anwendung in der schönen Baukunst. Aus Austria durch Polyt. Notizbl. 1853. Nr. 11, und in Polyt. Centralbl. 1853. S. 889.
Kirrage, W., Anwendung des Salmiaks zu Steinguß und künstlichen Bausteinen ꝛc.; in London Journal 1848. Jan. pag. 432. und im Polyt. Centralbl. 1848. S. 916.
Lange, über künstliche Steine; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 23. S. 556. u. im Baierschen Kunst- und Gewerbebl. 1830. S. 689.
Lazzari, venetianischer Terazzo (Estrich); in Allgem. Bauzeit. 1836. Nr. 8. u. 9. und in Dingler's Polyt. Journal 1836. S. 363.
Lebrun's künstliche Steine. Le Génie industriel. Oct. 1859. pag. 212; Polyt. Centralbl. 1859. S. 1760.
Orsi's, J., künstliche Steinmassen (Metalllava). London Journal Dec. 1848. Förster's Bauzeitung 1849. S. 215.
Paschen, C., Ueber Ausnutzung der Hohofenschlacken durch Granulation (und Schlackensteinen). Zeitschr. des Vereins deutscher Ingen. 1874. S. 33.
Ranger's künstliche Steine; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 50. S. 25, und Bd. 59. S. 258.
Ransome's künstliche Mühlsteine und andere Steine; im Rep. of pat. Inv. 1845. Juli. pag. 41—44, und im Polyt. Centralbl. 1846. 7. Bd. S. 480.
Ransom's künstliche Steine. Deutsche Bauzeit. 1869. S. 149. u. 295. 1871. S. 389.
Schleider, F., Benutzung des Kalkes zu künstlicher Steinmasse; im Baierschen Kunst- und Gewerbeblatt 1848. S. 98—101, und im Polytechn. Centralblat 1848. S. 917.
Der Steinguß auf kaltem Wege vom Decorationsmaler Gran und vom Ingenieur-Assistent von Egidy zu Zittau; im Polyt. Centralbl. 1847. S. 1417.
Ueber Anfertigung von Trottoirplatten aus bituminösem Mastic, nach Leblanc, Brix und Killmar. Verhandlungen des preuß. Gewerbevereins. 1838. S. 37—42; Polyt. Centralbl. 1838. S. 437—41.
Ueber die Fabrikation künstlicher Bausteine mittelst hydraulischen Kalks; im Polyt. Wochenbl. 1848. Nr. 13; und im Polyt. Centralbl. 1849. S. 356—57.
Ueber Kalkpisé-Steine. Deutsche Bauzeit. 1870. S. 91.
Ueber künstliche Steinmasse und aus derselben gefertigten Fabrikate; in Romberg's Zeitschrift für Bauwesen 1859. S. 157 und im Polyt. Centralbl. 1860. S. 553—54.
Williame's, P. B., patentirte künstliche Steinmasse: in London Journal 1845. Dec. pag. 315—320, und im polyt. Centralbl. 1846. 7. Bd. S. 536—37.
Wilson's künstliche Steine; im Baierschen Kunst- und Gewerbebl. 1824. S. 145. 259. Daselbst 1823. S. 281.

F. Ueber Kitte.

Asphalt, über die Bereitung des künstlichen, zu Pflasterungen. Brieg 1840. 16.
Bestandtheile des Diamantkittes. Polyt. Centralbl. 1865. S. 1368.
Brunnenmacherkitt in Förster's Bauzeitung 1837. S. 55. 284.
Cement aus Gyps und Borax; in London Journ. Nov. 1856. pag. 201. Polyt. Centralbl. 1858. S. 346—47.
Chatigner's in Paris wohlfeiler Kitt für Wasserleitungsröhren; in Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover 1855. S. 122, und im Polyt. Centralbl. 1855. S. 1088.
Crause's Eisenkitt. Hannov. Mittheilungen Lief. 14. S. 466; Polyt. Centralbl. 1838. S. 303.

Delatouche mastic; in Description des brevets d'invention. T. 15. pag. 210.
Deville's Kitt. im Polyt. Notizbl. 1857. S. 208, u. Pol. Centralbl. 1857. S. 1181.
Dihl's Mastic; Bulletin de la Société d'Encouragement 1821. pag. 84.
Dobb's verschied. wasserdichte Kitte, Mörtel; Dingler's Polyt. Journ. Bd. 14. S. 234.
Eisenkitt, in Dingler's Polyt. Journal Bd. 68. S. 76.
Fagot, Kitt; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 84. S. 238.
Frost, über Kitte; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 11. S. 117.
Gill's Universal- oder Parolikitt; Polyt. Centralbl. 1837. S. 142. Anmerk.
Hamelin's Mastic, in Förster's Bauzeitung 1839. S. 122. 195.
Hammann's Oelkitt, für Terrassen- und Wasserbehälter; Förster's allg. Bauzeit. 1837. Nr. 50. Polyt. Centralbl. 1838. S. 319.
Heeren, Dr., über den engl. Mastic-Cement. Hannov. Mitth. Lief. 14. S. 459—60; Polyt. Centralbl. 1838. S 225—30.
Heeren, engl. Mastic; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 67. S. 430.
Heller's Steinkitt; im Frankfurter Gewerbefreund 1843, u. im Polyt. Centralbl. 1843. 1. B. S. 575.
Herose, K., über Wasser- oder hydraulischen Kitt; v. Ehrenberg's Zeitschr. 1838. S. 181—48.
Huguenot, J., über den Asphalt, dessen Vorkommen, Beschaffenheit, Darstellung als Asphaltmastic; sowie über seine Benutzung als natürlicher Mörtel, besonders zu Fußböden, Trottoirs und Dächern. Aus dem Französischen von C. Hartmann. Weimar 1847. 8. 1¼ M.
Keil's Oelcement; im Gewerbebl. für Sachsen 1843. S. 206, und im Polytechn. Centralbl. 1843. 1. Bd. S. 514. 45.
Dampfdichter Kitt in Dingler's Polyt. Journal Bd. 96. S. 80.
Deutsche Kitte zum Wasserdichtmachen &c.; in Repert. of Pat. Invent. Mai 1844. S. 299 und in Dingler's Polyt. Journal Bd. 93. S. 148.
Kitt für Bildhauer; in Dingler's Pol. Journ. Bd. 16. S. 396. Bd. 50. S. 399.
Kitt für Eisen und Stein. Deutsche Bauzeitung 1870. S. 245.
Kitte für Säuren; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 89. S. 467.
Klingemann, Fr., der natürliche und künstliche Asphalt u. das Asphaltmastix. Quedlinburg 1848. 8.
Lampadius, Anstrich, Kitt; in Erdmann's Journ. f. techn. Chemie Bd. 9. S. 316.
Leonhardt, W., die Kitt-, Leim-, Cement- u. Mörtel-Fabrikation mit Einschluß der Kalk- und Gypsbrennerei. Leipzig 1863. 8.
Meyer, J. B., der Asphaltstein des Val-de-Travers in mineralogischer, geschichtlicher und technischer Hinsicht. Coblenz 1839. 8.
v. Minkwitz, Beschreibung der Anfertigung und Anwendung eines wohlfeilen Theercements. Förster's Bauzeitung 1841. S. 201; Polyt. Centralbl. 1842. S. 225—32.
Ofenkitte, in Dingler's Polyt. Journal. Bd. 86. S. 369.
Paget's Mastic-Cement. Receuil de la Soc. polyt. No. 49; Polyt. Centralblatt 1842. S. 653.
Paroli- oder Universal-Cement; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 8. S. 260, 378. Bd. 9. S. 125. Bd. 11. S. 251.
Peron, Steinkitt; in Dingler's Polyt. Journal Bd. 65. S. 158.
Shipmann's, K., Oelmastic-Cement, oder Klark- od. Hamelin-Patent-Cement genannt. Förster's allgem. Bauzeit. Bd. IV. S. 112; Polyt. Centralbl. 1839. S. 489—91.
Souillard, über Kitte und Mastic; in Bulletin de la Soc. d'Encouragement 1821, pag. 101.
Steinkitt von J. Ziegler; in Brevets d'invent. LXV. pa 150, und im Polyt. Centralbl. 1848. S. 604.
Ueber Steinkitt zu Wasserleitungsröhren; im Chemnitzer Anzeiger 1844. Nr. 35. und im Polyt. Centralbl. 1844. 4. Bd. S. 230.
Vortrefflicher Steinkitt; im Polyt. Notizbl. 1859. Nr. 16, und Polyt. Centralbl. 1859. S. 1382.
Voget's Steinkitt; im Polyt. Centralbl. 1836. S. 78.

Leipzig,
Druck von Hundertstund & Pries.

Heusinger von Waldegg, Edmund,

Die Kalk-, Ziegel-, und Röhrenbrennerei In ihrem ganzen Umfange und nach den neuesten Erfahrungen

Bd.: 1

Leipzig 1875